

ELABORACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO Y DE VUELO PARA LA  
AERONAVE VANT SOLVENDUS

ORTIZ PALACIOS RODRIGO  
SALCEDO PATARROYO ANDRÉS FELIPE

Trabajo de grado para optar al título  
De Ingeniero Aeronáutico

Asesor

Ing. Nelson Javier Pedraza Betancourth  
Director Proyecto VANT

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AERONÁUTICA  
BOGOTÁ. D.C

2016

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bogotá D.C, 14 de Enero de 2016

Las directivas de la Fundación Universitaria Los  
Libertadores, los jurados calificadores y el cuerpo  
docente no son responsables por los criterios e  
ideas expuestas en el presente documento. Estos  
corresponden únicamente a los autores

## Dedicatoria

Dedico este proyecto de grado a Dios, por hacer de este sueño realidad, por darme la fuerza en el tiempo que realice el proyecto, por ser mi sustento y mi apoyo, a mis padres por acompañarme y apoyarme en todo lo que necesitaba.

*Andrés Felipe Salcedo Patarroyo*

Dedico este proyecto de grado a Dios y a la virgen María por haberme permitido llegar a este momento, haberme inspirado en este proyecto grado y siempre demostrarme su infinita bondad y amor. A mi madre por educarme y brindarme su apoyo incondicional. A mi compañero de proyecto de grado por que sin él no hubiera sido posible este proyecto. Y a todos aquellos que han estado conmigo en este largo camino.

*Rodrigo Ortiz Palacios*

## Agradecimientos

Agradezco a Dios por ser mi sustento durante toda la carrera, por su apoyo, por su compañía, por darme fuerzas cuando más lo necesitaba. Agradezco a mi mamá Ana Patarroyo por cada hecho que hizo, cuando me aconsejaba, o me colaboraba y por sus interés hacia mi formación como profesional, agradezco a mi papá Camilo Salcedo por cada esfuerzo que realicé para que pudiera cumplir este sueño, agradezco a Nicole Vengoechea por acompañarme a lo largo de mi carrera por cada uno de sus consejos y ayudas, a mi hermano Santiago Salcedo por ayudarme en lo que necesitaba, agradezco a cada familiar, amigo en especial Rodrigo Ortiz por ser mi compañero durante la carrera y en la ejecución de este proyecto de grado, a cada profesor y en especial al Ingeniero Néstor Pedraza por su colaboración y acompañamiento en el proyecto de grado, a mis compañeros que aportaron su tiempo para que este sueño fuera realidad.

*Andrés Felipe Salcedo Patarroyo*

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino, por ser mi fortaleza en momentos difíciles, por brindarme estos años de aprendizaje y experiencias. Le doy gracias a mi madre Ligia Agredo de Valencia, por apoyarme siempre, educarme, por los valores inculcados por llenar mi vida de amor y por sobre todo ser siempre un ejemplo a seguir. A mi tía Melania Agredo de Zapata por brindarme su apoyo y buenos consejos. A mi compañero y amigo Andrés Felipe Salcedo por acompañarme a lo largo de este camino, por todos los trabajos y noches de traspase en los que compartimos, por los consejos y la confianza en que en mí deposito. Le agradezco a cada profesor y compañero que estuvieron en este camino.

*Rodrigo Ortiz Palacios*

# CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>19</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>1. PROBLEMA.....</b>	<b>21</b>
1.1 TÍTULO .....	21
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.3 PROBLEMÁTICA .....	21
1.4 DELIMITACIÓN Y ALCANCE.....	21
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>22</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	22
<b>3. METODOLOGÍA .....</b>	<b>23</b>
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN. ....	23
<b>4. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>24</b>
<b>5. MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>25</b>
5.1 MARCO HISTÓRICO .....	25
5.2 MARCO TEÓRICO.....	26
5.3 MARCO LEGAL .....	30
<b>6. MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA AERONAVE .....</b>	<b>31</b>
6.1 PORTADA DEL MANUAL .....	31
6.2 AVISOS DE NOTA, PRECAUCIÓN Y SEGURIDAD. ....	32
6.2.1 Aviso de nota.....	32
6.2.2 Aviso de precaución .....	32
6.2.3 Aviso de advertencia .....	32
6.3 GENERAL.....	33
6.3.1 Introducción del capítulo .....	33
6.3.2 Alcances .....	33
6.3.3 Seguridad .....	34
6.3.4 Documentos de referencia .....	36
6.3.5 Abreviaturas, glosario y símbolos .....	36
6.3.6 Vistas de la aeronave .....	40
6.3.7 Datos descriptivos .....	42
6.3.8 Lista de equipos mínimos de la aeronave. ....	44
6.3.9 Formas .....	45
6.4 INSPECCIONES .....	46
6.4.1 Introducción del capítulo .....	46
6.4.2 Limpieza y lavado de la aeronave.....	46
6.4.3 Vida útil de la aeronave e inspecciones periódicas .....	48
6.4.4 Lubricación .....	60
6.4.5 Peso y Balance.....	60
6.4.6 Catálogo de partes ilustradas .....	61
6.5 ESTRUCTURAS .....	62
6.5.1 Introducción del capítulo .....	62
6.5.2 Estructura de la aeronave.....	62

6.5.3	Ensamble de la aeronave .....	63
6.5.4	Controles De Vuelo.....	70
6.5.5	Asistencia En Tierra.....	70
6.5.6	Límites de la aeronave.....	73
6.6	MOTOR.....	77
6.6.1	Introducción del capítulo .....	77
6.6.2	Especificaciones .....	77
6.6.3	Controles del motor .....	77
6.6.4	Diagrama del motor .....	78
6.6.5	Mantenimiento del motor. ....	79
6.7	HÉLICE .....	80
6.7.1	Introducción del capítulo .....	80
6.7.2	Especificaciones .....	80
6.7.3	Reparaciones de la hélice.....	80
6.8	REPARACIONES.....	84
6.8.1	Introducción del capítulo .....	85
6.8.2	Reparaciones en materiales compuestos .....	86
6.8.3	Reparaciones en piezas de madera y metal. ....	95
6.9	SISTEMAS .....	96
6.9.1	Introducción del capítulo .....	96
6.9.2	Controles de vuelo.....	96
6.9.3	Sistema de telemetría .....	97
6.9.4	Sistema de comunicaciones .....	97
6.9.5	Sistema De Celdas Fotovoltaicas .....	97
6.9.6	Sistema de navegación.....	101
6.9.7	Sistema de piloto automático .....	101
6.9.8	Sistema eléctrico .....	102
6.10	PINTURAS Y MARCAS.....	103
6.10.1	Marcas.....	103
6.10.2	Pintura .....	106
<b>7.</b>	<b>MANUAL DE VUELO DE LA AERONAVE .....</b>	<b>108</b>
7.1	PORTADA DEL MANUAL .....	108
7.2	AVISOS DE NOTA, PRECAUCIÓN Y SEGURIDAD. ....	108
7.3	GENERAL.....	109
7.3.1	Introducción del capítulo .....	109
7.3.1	Abreviaturas, glosario y símbolos .....	109
7.3.2	Vistas de la aeronave .....	109
7.4	LIMITACIONES.....	110
7.4.1	Introducción del capítulo .....	110
7.4.2	Límites de velocidad. ....	110
7.4.3	Límites del motor .....	113
7.4.4	Formación de hielo .....	113
7.4.5	Carteles .....	113
7.4.6	Tipos de operación .....	114
7.5	PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA .....	115
7.5.1	Introducción del capítulo .....	115
7.5.2	Emergencia en tierra .....	115
7.5.1	Emergencias en vuelo .....	118
7.5.2	Aterrizaje de emergencia .....	122
7.6	PROCEDIMIENTOS NORMALES.....	124

7.6.1	Introducción del capítulo .....	124
7.6.2	Prevuelo .....	124
7.6.1	Iniciar el motor .....	124
7.6.2	Carreteo .....	125
7.6.1	Chequeo antes del despegue .....	126
7.6.2	Despegue .....	126
7.6.1	Ascenso.....	127
7.6.2	Crucero.....	128
7.6.3	Descenso.....	128
7.6.4	Aterrizaje .....	129
7.6.5	Después del aterrizaje. ....	131
7.6.6	Apagado de la aeronave.....	131
7.6.7	Finalización de la misión.....	132
7.7	FUNCIONAMIENTO (PERFORMANCE) .....	133
7.7.1	Introducción del capítulo .....	133
7.7.2	Tabla ISA.....	133
7.7.3	Distancia de despegue .....	134
7.7.4	Distancia de aterrizaje .....	135
7.8	PESO Y BALANCE .....	136
7.9	SISTEMAS .....	142
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>143</b>
<b>9.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>144</b>
<b>10.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>145</b>
<b>11.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>148</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación Unmaned Aircraft.....	26
Figura 2. Procedimiento para calcular la vida útil.....	49
Figura 3. Tipo de materiales de las aeronaves .....	57
Figura 4. Proceso de vacío.....	70
Figura 5. Notas de reparación .....	85
Figura 6. Fusión de resina termoplástica .....	86
Figura 7. Fusión de resina termoplástica #2 .....	87
Figura 8. Reparación en agujeros .....	89
Figura 9. Reparación por parche adhesivo .....	91
Figura 10. Reparación por parche .....	92
Figura 11. Reparación mediante adhesivo con parche a nivel.....	93
Figura 12. Tipo de reparaciones con unión mecánica.....	94
Figura 13. Reparaciones mediante unión mecánica .....	94

## LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1. Curva SN para laminados de carbono.....	51
Grafica 2. Grafica Fuerza vs ciclos. ....	52
Grafica 3. Experimental time vs Creep strain fiber carbon .....	53
Grafica 4. Diagrama VN VANT SOLVENDUS .....	76

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Aviso de Nota .....	32
Imagen 2. Aviso de Precaución .....	32
Imagen 3. Aviso de Advertencia .....	32
Imagen 4. Vista frontal.....	41
Imagen 5. Vista lateral.....	41
Imagen 6. Vista superior.....	42
Imagen 7. Agente limpiador TF#17.....	47
Imagen 8. Paños de fibra Scotch-Brite .....	47
Imagen 9. Barras de remolque .....	71
Imagen 10. Soporte tailboom.....	73
Imagen 11. Controles del motor .....	78
Imagen 12. Diagrama del motor .....	78
Imagen 13. Celda solar de la aeronave .....	98
Imagen 14. Polaridad de las celdas.....	100
Imagen 15. Tipo de conexiones para las celdas .....	100
Imagen 16. Bandera mercante de Colombia .....	104
Imagen 17. Logo universidad Los Libertadores .....	105
Imagen 18. Cartel no mover superficies de control.....	114
Imagen 19. Cartel de velocidad de maniobra. ....	114
Imagen 20. Vientos en carreteo.....	125
Imagen 21. Best angle of climb and rate of climb .....	127
Imagen 22. Tabla ISA.....	133
Imagen 23. Líneas para el CG de la aeronave .....	137
Imagen 24. Centro de gravedad por CAD.....	139

## LISTA DE PROCEDIMIENTOS

Procedimiento 1. Ensamble empenaje .....	63
Procedimiento 2. Ensamble motor-bancada-tailboom.....	64
Procedimiento 3. Ensamble del ala .....	65
Procedimiento 4. Ensamble del ala al tailboom .....	66
Procedimiento 5. Ensamble soporte tailboom - estabilizador vertical.....	67
Procedimiento 6. Ensamble estructuras en c.....	68
Procedimiento 7. Ensamble bancada motor. ....	69
Procedimiento 8. Balanceo Estático .....	82
Procedimiento 9. Balanceo Dinámico .....	83
Procedimiento 10. Reparación sin parche .....	88
Procedimiento 11. Reparación sin parche .....	90
Procedimiento 12. Reparación con parche.....	95
Procedimiento 13. Modo de uso de la pintura.....	107
Procedimiento 14. Fuego en el motor durante el inicio. ....	115
Procedimiento 15. Emergencia de fuego en el motor durante el despegue. ....	117
Procedimiento 16. Procedimiento daño del motor después del despegue .....	118
Procedimiento 17. Fallo del motor durante el vuelo .....	119
Procedimiento 18. Fuego en el motor en vuelo.....	120
Procedimiento 19. Controlar un giro involuntario .....	121
Procedimiento 20. Aterrizaje de emergencia .....	122
Procedimiento 21. Inicio del motor.....	124
Procedimiento 22. Chequeo antes del despegue. ....	126
Procedimiento 23. Ascenso .....	127
Procedimiento 24. Aterrizaje.....	129
Procedimiento 25. Aproximación final.....	130
Procedimiento 26. Flare .....	130
Procedimiento 27. Touchdown .....	131

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación UAS OTAN .....	28
Tabla 2. Section index AMM Sting Sport .....	29
Tabla 3. Table of contents AFM Liberty Aerospace XL2 .....	29
Tabla 4. Elementos de Protección Personal .....	34
Tabla 5. Especificaciones motor .....	43
Tabla 6. Especificaciones a hélice .....	43
Tabla 7. Longitudes del avión .....	44
Tabla 8. Área del avión .....	44
Tabla 9. Relaciones del avión .....	44
Tabla 10. Deformación ultima por tipo de fabricación. ....	50
Tabla 11. Tipo de fabricación por componente .....	54
Tabla 12. Tipo de probetas con tiempo antes de la rotura .....	55
Tabla 13. Realizar cambios .....	56
Tabla 14. Programa de lubricación .....	60
Tabla 15. Especificaciones motor .....	77
Tabla 16. Especificaciones de la hélice .....	80
Tabla 17. Convenciones figura 15 .....	87
Tabla 18. Convenciones figura 16 .....	89
Tabla 19. Convenciones figura 18 .....	91
Tabla 20. Convenciones figura 19 .....	92
Tabla 21. Parámetros eléctricos de las celdas .....	98
Tabla 22. Parámetros mecánicos de las celdas .....	99
Tabla 23. Estado del tiempo caracterización celdas .....	99
Tabla 24. Zonas pintadas en la aeronave .....	106
Tabla 25. Velocidades limite .....	112
Tabla 26. Rangos de velocidad .....	113
Tabla 27. Distancia de despegue .....	134
Tabla 28. Tabla de aterrizaje .....	135
Tabla 29. calculo centro CG .....	139
Tabla 30. CG procedimiento normal .....	141
Tabla 31. Comparación CG .....	141

# ABREVIATURAS

AFM	Aircraft Flight Manual
AMM	Aircraft Maintenance Manual
ASTM	American Society for Testing and Materials
CAD	Computer-Aided Design
CMTC	Centro de Manufactura y Textiles en Cuero
EPP	Elementos de Protección Personal
FAA	Federal Aviation Administration
FAR	Federal Aviation Regulations
GPS	Global Positioning System
ISA	International Standar Atmosphere
LRU	Line Replaceable Unit
MMA	Manual de Mantenimiento de la Aeronave
MVA	Manual de Vuelo de la Aeronave
MMEL	Master Minimum Equipment List
MSG	Maintenance Steering Group
OACI	Organización de Aviación Civil internacional
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PSA	Pressure Sensitive Adhesive
RAC	Reglamento Aeronáutico Colombiano
RPA	Remotely Piloted Aircraft
RPAS	Remotely piloted Aircraft System
SARPS	Standards and Recommended Practices
SENA	Servicio Nacional de aprendizaje
SLOG	Short Landing Ground
SLO	Short Landing
STO	Short Takeoff
STOG	Short takeoff Ground
UA	Unmanned Aircraft
UAS	Unmanned Aircraft Systems
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
VANT	Vehículo Aéreo No Tripulado

# GLOSARIO

Advertencia	Es una señal que se utiliza para llamar la atención o alertar de un peligro inminente.
Aeronave	Es un tipo de maquina capaz de sustentarse en el aire por sus propios medios, por medio de reacciones entre sus forma y el aire.
ASTM	Por sus siglas en ingles American Society for Testing and Materials, es una asociación que desarrolla normas internacionales
ASTM 3039	Es el método estándar utilizado para hallar las propiedades mecánicas de los materiales compuestos.
Autónomo	Es una palabra utilizada en los UAS que indican que la aeronave no necesita de operación humana durante la misión.
Bllede	Tela que se encarga de absorber la resina restante.
Breather	Tela que se encarga de envolver la pieza durante el vacío.
Cuerda	Es la longitud que existe entre el borde de ataque y el borde de fuga de un perfil aerodinámico.
Desempeño	Son las capacidades que tiene una aeronave que le permiten cumplir o llevar acabo la misión para la que está diseñada, estas capacidades son perturbadas por el medio donde se encuentre la aeronave
Eje longitudinal	Es un eje que indica la mitad de la aeronave en el plano horizontal
Emergencia	Es el motivo justificado por el cual se puede decir que la aeronave en este caso se encuentra amenazado bajo un peligro
Envergadura	Longitud que existe entre las puntas del ala.
FAR 23	Es la regulación de la FAA que indica los estándares de aeronavegabilidad para las aeronaves de categoría normal, utilitaria y acrobática
Fatiga	Es un fenómeno que experimentan los materiales que se exponen a cargas dinámicas, que conlleva a la ruptura de los mismos.
Grieta	Es un espacio que tiene expansión longitudinal causada por efectos naturales con muy poco anchor.
Hendidura	Es una grieta con mayor profundidad
Holgura	Es el espacio sobrante que existe entre dos cosas que encajan.
Inspección	Es un método de exploración utilizado para identificar y evaluar.
Línea de dato	La línea datum es un punto de referencia con el cual se podrá sacar el CG de la aeronave. Esta línea usualmente está ubicada en la nariz de la aeronave y desde allí se toma las distancias horizontales de la ubicación de las cargas.

Línea de referencia	La línea de referencia es un eje imaginario ubicado aguas abajo de la aeronave con el fin de ubicar el CG sobre el plano vertical.
Mantenimiento	aquellas actividades como cambiar, inspeccionar, revisar, reparar; con el fin de mantener la vida útil de la aeronave
Manual de mantenimiento	Documento en el cual se describen los procedimientos de reparación, tiempos de vida, procedimientos de ensambles y desensambles, procedimientos de mantenimiento en tierra para la aeronave.
Manual de vuelo	Documento en el cual se describen los procedimientos de los sistemas, límites, desempeño, emergencia que requiere el operador para volar la aeronave.
Materiales compuestos	Es un tipo de material que resulta de la unión de dos o más materiales con el fin de crear un material con capacidades singulares, con propiedades mecánicas y químicas excelentes en la fabricación de aeronaves.
Nota	Es una señal que se utiliza para indicar algo importante.
Peel ply	Tela que se encarga de pulir la superficie de la pieza que se le aplica el vacío.
Peso	Es la medida de fuerza que actúa sobre un objeto a causa de la gravedad
Precaución	Es una señal que se utiliza para prevenir un daño o un peligro.
Prueba	Es la acción que se realiza para examinar la veracidad de algo.
Radiación solar	Es el efecto electromagnético emitido por el sol.
Relación de Aspecto	Es la relación que existe entre la envergadura y el área del ala de la aeronave.
Relación de Taperado	Es la relación entre la cuerda de raíz y la cuerda de punta del ala.
Servicio	En aviación son todas aquellas actividades que se le prestan a la aeronave cuando esta se encuentra ya sea en tierra o en el aire.
Sustentación	Es la medida de fuerza que actúa sobre un objeto a causa del paso de un fluido como el aire, en el cual se crea una diferencia de presiones que permite sustentar la pieza.
Tarea	Son aquellas actividades que se llevan a cabo, en determinado tiempo bajo procedimientos ya planteados.
Techo de servicio	Es la altitud máxima a la que la aeronave puede volar por diseño.



# SÍMBOLOS

°C	Celsius
°F	Fahrenheit
A	Amperios
a.m.	Antes meridiano
AC	Corriente alterna
AD	Corriente directa
CG	Centro de gravedad
Cl	Coeficiente Lift
D	Drag
Fpm	Foot Per Minutes
Ft	Foot
G	Gramo
G	Gravedad
GW	Gross Weight
H	Hora
In	Pulgada
Kg	Kilogramo
Knots	Nudos
L	Lift
m/s	Metros por segundo
mA	Miliamperios
min	Minuto
ml	Mililitro
mm	Milímetro
n_lim	Factor de carga limite
nm	Nautical mile
oz	Onza
P	Potencia
p.m.	Pasado meridiano
PSI	Pound Square Inch
RPM	Revoluciones Por minuto
RX	Recepción
S	Superficie alar
seg	Segundo
T	Thrust
Tx	Transmisión
V	Voltios
V1	Decistion Speed
VA	Design maneuvering speed.

VC	Design cruise speed
VD	Design diving speed
VMC	Minimum control speed
VNE	Never exceed speed
VNO	Maximum structural cruising speed
VR	Rotation speed
VS	Stall speed
VSO	Stall speed in landing configuration
VX	Speed that will allow for best angle of climb
VY	speed that will allow for the best rate of Climb
W	Weight
$\alpha$	Ángulo de incidencia
$\rho$	Densidad
$\sigma$	Radio de densidad

## RESUMEN

En este documento se encuentra la investigación realizada para elaborar el MMA (Manual de Mantenimiento de la Aeronave) y el MVA (Manual de Vuelo de la Aeronave) del VANT SOLVENDUS.

La investigación realizada para elaborar el MMA condujo a establecer las tareas de mantenimiento, como lo son el cambio de las piezas principales de la aeronave a determinado tiempo sustentado por los cálculos de probabilidad estadística en fatiga, las inspecciones por horas de vuelo que asignan la mayoría de fabricantes de aeronaves y entregan al operador hacia la predicción de posibles fallas en los sistemas y así evitar un posible accidente o un daño repentino de uno de los componentes, asimismo se estableció de qué manera está fabricada cada pieza de la aeronave para el caso en que se deba cambiarla ya sea por daño o cumplimiento de su tiempo límite de vida; del mismo modo se establecieron los métodos de reparaciones, se describieron los sistemas de la aeronave y los componentes de clase principal como lo es el motor, la hélice y que tipo de pintura y marcas debe llevar la aeronave.

Posterior a la investigación se realizó indagaciones para elaborar el MVA, como lo fue la creación de los procedimientos de emergencia que generalmente emite el fabricante de una aeronave y que en este caso se sustentan en documentaciones técnicas de los entes reguladores, de la misma manera se establecieron los procedimientos normales; también se investigó en la regulación FAR (Federal Aviation Regulations) para crear el performance y las limitaciones de la aeronave.

Previamente se elaboraron los dos manuales con la información obtenida en las investigaciones, anexándolos a este documento para que el operador tenga la información a la mano.

# INTRODUCCIÓN

El VANT SOLVENDUS es una aeronave fabricada por la Fundación Universitaria Los Libertadores con el fin de realizar reconocimiento visual, esta aeronave está construida en materiales compuestos y es impulsada con motores eléctricos que se alimentan de una fuente eléctrica principal que son las celdas fotovoltaicas. La operación de estas aeronaves no requiere al piloto dentro, sino que son controladas remotamente por un operador en tierra. De la misma manera que una aeronave civil el VANT SOLVENDUS necesita que el operador le realice mantenimiento y que la maniobre de manera segura, esta información normalmente se encuentra dentro de los manuales del avión emitidos por el fabricante, el plan de mantenimiento de la aeronave se basa en tareas y servicios a determinado tiempo, llevando a un mantenimiento eficiente para la aeronave. Del mismo modo la operación segura de una aeronave depende de los procedimientos que se realicen por parte del operador, estos procedimientos los describe al fabricante según el tipo de aeronave puesto que conoce las ventajas y desventajas de la misma, así mismo han investigado la manera de operar la aeronave con seguridad; es por eso que el fabricante debe de entregar al operador esta información con el performance que tiene la aeronave y una descripción de los sistemas y en la mayoría de los casos los entes de regulación son los que describen que deben de contener los manuales tanto de mantenimiento como de vuelo de una aeronave civil.

# **1. PROBLEMA**

## **1.1 TÍTULO**

Elaboración del manual de mantenimiento y de vuelo para la aeronave VANT SOLVENDUS.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El manual de mantenimiento de una aeronave, es creado por el fabricante para presentar al operador la manera de mantener la vida útil de la aeronave con estándares de seguridad y correcto funcionamiento, de la misma manera el manual de vuelo es un requisito de Aeronavegabilidad. Con estos dos manuales que son los más utilizados por el operador de cualquier aeronave, la Fundación Universitaria Los Libertadores podrá operar el VANT SOLVENDUS con seguridad, llevar a cabo un mantenimiento eficiente que no le produzca gastos innecesarios y con la certeza de que la aeronave estará disponible cuando se necesite. Así mismo es importante que el operador cuente con procedimientos seguros, para evitar accidentes al personal.

## **1.3 PROBLEMÁTICA**

¿Cómo elaborar el MMA y MVA de la aeronave VANT SOLVENDUS?

## **1.4 DELIMITACIÓN Y ALCANCE**

Este proyecto de grado se limita bajo las regulaciones existentes para los UAS (Unmanned Aircraft Systems).




El alcance del proyecto es definir los procedimientos, los límites, las tareas, los servicios, y dar a conocer al operador de qué manera funciona, fue fabricada y como se puede mantener la aeronave.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Elaborar el manual de mantenimiento y de vuelo de la aeronave VANT SOLVENDUS.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

-  Elaborar el MMA de la aeronave VANT SOLVENDUS.
-  Construir el MVA de la aeronave VANT SOLVENDUS.
-  Determinar el tiempo límite de vida de los diferentes componentes estructurales en fibra de carbono que son utilizados en la fabricación de la aeronave.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El tipo de investigación fue documental ya que se basa en la recolección de varios tipos de documentación para generar uno o varios documentos en los que se expone la información de manera coherente. Este tipo de investigación científica tiene en cuenta el análisis, selección y organización de la información recogida, dando como resultado la construcción de conocimientos a partir de la teoría. De la misma manera tiene un método investigativo conformado por 7 pasos que son<sup>1</sup> :

1. El tema de investigación debe contar con suficiente información documental.
2. Construir un esquema del tema por medio de la recopilación preliminar de información.
3. Elaborar un plan de investigación de manera jerárquica, que contenga recursos como el tiempo.
4. Recuperar información de Bibliotecas, centros de documentación bases de datos entre otros, previamente se clasifica la información por fuente primaria y secundaria.
5. Organizar sistemáticamente la información de manera temática y alfabética.
6. Estructurar y redactar el tema de investigación (proyecto de grado).
7. Dar a conocer el trabajo por formatos impresos y digitales.

Se tomó este tipo de investigación ya que se contaba con la información creada por el fabricante, como lo eran los ensayos no destructivos, las pruebas realizadas, procesos, datos entre otros; con los que se podían elaborar los manuales.

---

<sup>1</sup> Martínez, S (2002) Guía de apuntes básicos para el docente de la materia de técnicas de investigación en Grupo Emergente de Investigación Oaxaca [En línea] México, disponible en: <http://www.geiuma-oax.net/asesoriasan> [Accesado ]

## **4. JUSTIFICACIÓN**

El manual de mantenimiento y de vuelo en una aeronave garantiza un correcto mantenimiento y una segura operación respectivamente, puesto que contiene la información más importante de la aeronave en materia de procedimientos.

Hasta el momento no hay certificación para este tipo de aeronave, en caso tal de que el ente regulatorio de aviación inicie el proceso de certificación, la Fundación Universitaria Los Libertadores, contaría con los dos manuales más importantes de un avión, documentos que solicita generalmente el certificador de aeronaves.



## 5. MARCO REFERENCIAL

### 5.1 MARCO HISTÓRICO

Las guerras entre los hombres han sido una fuente de inspiración e innovación para el mismo, en esos periodos de tiempos se han visto grandes avances en la ciencia y tecnología, como es el caso de los UAS (Unmanned Aircraft Systems) los cuales se remontan a mediados del siglo XIX: un primitivo UA (Unmanned Aircraft) formado por un globo cargado de bombas se utilizó el 22 de agosto de 1849 en un ataque austríaco a la ciudad de Venecia. Posteriormente llegaron los misiles crucero, controlados por un sistema de giroscopios durante la Primera Guerra Mundial y aviones radios controlados utilizados para entrenar a los tiradores británicos antiaéreos durante la Segunda Guerra Mundial.

En las guerras de Corea y Vietnam, el ejército de los Estados Unidos encontró en los UAVS (Unmanned Aircraft Vehicles) una forma de desviar los ataques enemigos de sus bombarderos y cazas tripulados y se desarrollaron también los primeros UAVS de reconocimiento.

Durante la guerra fría y más recientemente en los conflictos del Golfo pérsico y de Bosnia, los UAV han demostrado claramente el gran potencial que pueden tener con fines militares. Un UAV no es sólo una plataforma aérea.<sup>2</sup>

---

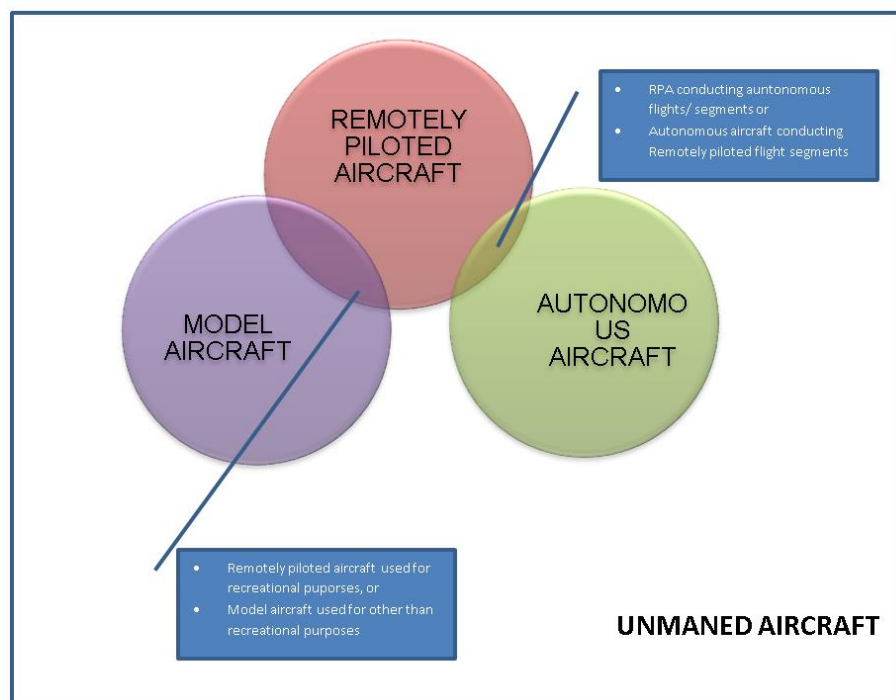
<sup>2</sup>I.E.S. Leonardo Da Vinci, «UAV BENEFICIOS Y LIMITES,» 2008. [En línea]. Available: <http://kimerius.com/app/download/5785520964/UAVs+beneficios++I%C3%ADmites.pdf>.

## 5.2 MARCO TEÓRICO

Dado que con el presente proyecto de investigación se pretende la elaboración de dos manuales que son el de mantenimiento y el de vuelo para la aeronave VANT SOLVENDUS, es importante iniciar con una breve explicación entre lo que es: los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT), los Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (con sus siglas en ingles UAS), Aeronave Remotamente Tripuladas (con sus siglas en ingles RPA) y los Sistemas de Aeronaves piloteados a distancia (con sus siglas en ingles RPAS).

El termino VANT es un término general que se le asigna a una aeronave a propulsión, no tripulada y reutilizable que opera mediante control a distancia y autónomamente.<sup>3</sup> Los UAS es toda la plataforma que se utiliza para el despegue, vuelo y aterrizaje seguro de un VANT, esta plataforma generalmente se compone de un computador, un mando que sirve como control de la aeronave, y un sistema de comunicaciones por GPS (Global Position System) en el cual se conoce la ubicación de la aeronave e igualmente se transmite y se recibe información desde y hacia la aeronave. Como se puede ver en la ilustración 1, creada por la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) los UAS son definidos en tres grupos.

Figura 1. Clasificación Unmanned Aircraft



Fuente: OACI. Manual on Remotely Aircraft Systems (RPAS), 2015, pag.28

<sup>3</sup> antacli, g. c., & marrella, n. (2015). "drones: una tecnología revolucionaria. *jornadas de la red latinaamericana de investigación en derecho del trabajo*, 6.

RPA se define como una aeronave que, si bien no lleva un operador humano, se vuela a distancia por un piloto, normalmente es recuperable, y puede transportar una carga útil letal o no letal. El termino RPAS es la suma de los componentes requeridos para ofrecer la capacidad general e incluye el piloto, los operadores de sensores (si aplica), RPA, la estación de control de tierra, mano de obra asociada y sistemas de apoyo, enlaces de comunicación por satélite y enlaces de datos.<sup>4</sup>

Para este tiempo varios de los entes regulatorios y organizaciones de estudio aeronáutico, se han visto en la necesidad de clasificar los UAS. Las categorías se basan en el peso máximo de despegue de la aeronave y la altitud o altura normal de operación. Las categorías comienzan con clases de peso, previamente se subdividen por el techo de operación; en general son tres clases:

- ✚ Clase 1. Menor que 150 Kg (adicionalmente subdividió en base a la altitud normal de operación).
- ✚ Clase 2. 150 kg – 600 kg.
- ✚ Clase 3. Más de 600 kg (adicionalmente subdividió en base a la altitud normal de operación).

Con esta clasificación el VANT SOLVENDUS entra en la clase 1 por lo que se descartaron las otras clases. Las capacidades y limitaciones de la case 1 son las siguientes.<sup>5</sup>

- ✚ Lanzados a mano
- ✚ Autónomos.
- ✚ Portátiles
- ✚ Operan bajo línea de visión (LOS)
- ✚ Altitud máxima de 5000 ft sobre el nivel de suelo
- ✚ Rangos limitados.

La tabla 1 presenta la mejor de las clasificaciones dadas para los UAS, inicia con la masa de los UAS, para la OTAN (Organización del Tratado del Atlántico Norte) los valores de la masa de un UAS oscila entre 150 y 600 kg, previamente es clasificado los UAS por su categoría y su utilidad; la masa del UAS da la altitud y el radio de misión.

---

<sup>4</sup> MINISTRY OF DEFENCE UKRANIA, «Gobierno de Ucrania,» 1 Mayo 2010. [En línea]. Available: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/432646/20150427-DCDC\\_JDN\\_3\\_10\\_Archived.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/432646/20150427-DCDC_JDN_3_10_Archived.pdf).

<sup>5</sup> MINISTRY OF DEFENCE UKRANIA, «Gobierno de Ucrania,» 1 Mayo 2010. [En línea]. Available: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/432646/20150427-DCDC\\_JDN\\_3\\_10\\_Archived.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/432646/20150427-DCDC_JDN_3_10_Archived.pdf).

Tabla 1. Clasificación UAS OTAN

UNMANNED AIRCRAFT CLASSIFICATION TABLE						
Class	Category	Normal Employment	Normal Operating Altitude	Normal Mission Radius	Civil Category (UK CAA)	Example Platform
Class I < 150 kg	MICRO < 2 kg	Tactical Platoon, Sect, Individual (single operator)	Up to 200 ft AGL	5 km (LOS <sup>23</sup> )	Weight Classification Group 1 (WCG) Small Unmanned Aircraft (<20 kg)	Black Widow
	MINI 2-20 kg	Tactical Sub-Unit (manual launch)	Up to 3000' AGL	25 km (LOS)		Scan Eagle, Skylark, Raven, DH3
	SMALL > 20 kg	Tactical Unit (employs launch system)	Up to 5000' AGL	50 km (LOS)	WCG 2 Light UAV (20><150 kg)	Luna, Hermes 90
Class II 150 – 600 kg	TACTICAL	Tactical Formation	Up to 10,000' AGL	200 km (LOS)	WCG 3 UAV (>150 kg)	Sperwer, Iview 250, Hermes 450, Aerostar, Watchkeeper
Class III > 600 kg	MALE <sup>24</sup>	Operational/Theatre	Up to 45,000' AGL	Unlimited (BLOS)		Predator A & B, Heron, Hermes 900
	HALE	Strategic/National	Up to 65,000' AGL	Unlimited (BLOS)		Global Hawk
	Strike/Combat	Strategic/National	Up to 65,000' AGL	Unlimited (BLOS)		

Fuente: Mayo 2010. [En línea]. Available:

[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/432646/20150427-DCDC\\_JDN\\_3\\_10\\_Archived.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/432646/20150427-DCDC_JDN_3_10_Archived.pdf). Pag.18

Existiendo la necesidad de mantener la aeronavegabilidad del VANT SOLVENDUS, que es la aptitud técnica y legal que deberá tener una aeronave para volar en condiciones de operación segura se ha visto en la necesidad de incluir una metodología de mantenimiento que sea de bajo costo para el explotador y que mantenga la seguridad de la aeronave, por lo que se decidió implementar el mantenimiento por tareas y servicios, monitoreando el estado de cada sistema por medio de las inspecciones y manteniendo la vida útil de la aeronave por medio de los servicios.

La organización del manual de mantenimiento de la aeronave se basa en el MMA de la aeronave Sting Sport, establecido como se puede ver en la tabla 2. Obviando sistemas que la aeronave VANT SOLVENDUS no tiene, como el sistema de combustible.

La tabla 2 contiene los sistemas principales de la aeronave y que necesitan de mantenimiento para su correcto y seguro funcionamiento.

Tabla 2. Section index AMM Sting Sport

<b>Índice</b>	<b>sección</b>
<b>General</b>	1
<b>Inspecciones</b>	2
<b>Estructuras</b>	3
<b>Motor</b>	4
<b>Sistema de combustible</b>	5
<b>Hélice</b>	6
<b>Sistemas</b>	7
<b>Instrumentos y aviónica</b>	8
<b>Sistema eléctrico</b>	9
<b>Pinturas y marcas</b>	10

Fuente: TL Ultralight Czech Republic, Sting Sport, Aircraft Maintenance Manual, 2005.

La organización del manual de vuelo de la aeronave se base en el MVA de la aeronave Liberty Aerospace XL2, establecido como se puede ver en la Tabla 3. En el cual están los requisitos mínimos solicitados en el anexo 8 de la OACI numeral Subparte G.5

Tabla 3. Table of contents AFM Liberty Aerospace XL2

<b>Índice</b>	<b>sección</b>
<b>General</b>	1
<b>Limitaciones</b>	2
<b>Procedimientos de emergencia</b>	3
<b>Procedimientos normales</b>	4
<b>Rendimiento</b>	5
<b>Peso y balance</b>	6
<b>Descripción de los sistemas de la aeronave</b>	7

Fuente: Liberty Aerospace XL2, Inc, Aircraft Flight Manual, 2007.

### 5.3 MARCO LEGAL

En el mundo aeronáutico las leyes son tanto internacionales como locales que serían a nivel de cada país. La OACI que es el organismo internacional observo la problemática del uso de los drones, se reunió con asociaciones de estudio Aeronáutico y se ofreció como coordinador para el inter-funcionamiento y la armonización mundial, quedando atentos a cualquier intención tanto de gobiernos y organizaciones de entregar información que sirva para la elaboración de un reglamento final. El objetivo final de la OACI al tratar la aviación no tripulada es proporcionar el marco normativo internacional fundamental mediante normas y métodos recomendados (SARPS “Standards and Recommended Practices”), con el apoyo de procedimientos para los servicios de navegación aérea (PANS “Procedures for Air Navigation Services”) y textos de orientación a efectos de afianzar la operación normal de los UAS en todo el mundo en una forma segura, armonizada y fluida comparable a las de las operaciones tripuladas. Esta circular es el primer paso para alcanzar dicho objetivo. <sup>6</sup>

La aeronavegabilidad de la aeronave es la aptitud técnica y legal. Así mismo la OACI como organización indica los requerimientos mínimos y la obligación de tener un MVA dentro de la aeronave. “Se dispondrá de un manual de vuelo. Este manual identificará claramente el avión o serie de aviones específicos a que se refiere. En el manual de vuelo se indicaran, por lo menos, las limitaciones, información y procedimientos que se especifican en G.2, G.3, G.4 Y G.6.1”.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> International Civil Aviation Organization, Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), Montreal: International Civil Aviation Organization

<sup>7</sup> Organización de Aviación Civil Internacional, Anexo 8 Aeronavegabilidad, Montreal: Organización de Aviación Civil Internacional, 2005

## 6. MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA AERONAVE

Para realizar el AMM de la aeronave VANT SOLVENDUS se tomó en cuenta la organización del AMM de la aeronave TL 2000 Sting Sport certificado por la FAA, con información completa, organización por capítulos, abarcando cada sistema y procedimientos similares a los que se desean incorporar. Se obtuvo más información por medio de la investigación en el campo de los materiales compuestos que permitieron determinar la vida útil de cada una de las piezas, y así realizar procesos con tiempos eficientes evitando sobrecostos en el mantenimiento de la aeronave.

TL 2000 Sting Sport es una aeronave de tres ejes, ala baja, biplaza con asiento de lado a lado, posee un tren de aterrizaje triciclo con rueda de nariz orientable.

Un ítem importante de fabricación y por lo que en gran parte se escogió como referencia para el manual de mantenimiento de la aeronave, es que su estructura principalmente está fabricada en materiales compuestos como fibra de carbono y de vidrio reforzada resistente, con núcleos de espuma creando una estructura tipo “Sándwich”.<sup>8</sup>

El plan de mantenimiento de la aeronave se basa en inspecciones prevuelo, cada 50 y 100 horas de vuelo, con cambios de piezas cada 500, 2000 y 3000 horas de vuelo. Al igual que los servicios como la lubricación que se realiza cada 7 y 25 horas de vuelo y el peso y balance que se realiza en el prevuelo.

El manual elaborado se encuentra en el anexo 1 de este documento.

### 6.1 PORTADA DEL MANUAL

La portada del manual se realizó en base al AMM de la aeronave TL2000, la cual contiene el logo del fabricante el título del manual, el nombre de la aeronave y una imagen del avión.

La imagen del VANT SOLVENDUS se obtuvo por medio de la toma de la imagen del render hecho al CAD del avión, así como se observa en el anexo 1 (MMA).

---

<sup>8</sup> ULTRA LIGHT CZECH REPUBLIC, «Sting Sport Aircraft Maintenance Manual,» de *Sting Sport Aircraft Maintenance Manual*, ULTRA LIGHT CZECH REPUBLIC, 2005, p. 20.

## 6.2 AVISOS DE NOTA, PRECAUCIÓN Y SEGURIDAD.

Se crearon tres pautas en forma de icono que permiten al operador encontrar información importante dentro del manual, estos son de ayuda para no pasar en alto información útil a la hora de realizar el mantenimiento.

### 6.2.1 Aviso de nota

Si parece este aviso (imagen 3) indica que el operador debe de tener en cuenta algún procedimiento.

Imagen 1. Aviso de Nota



Fuente: Autores

### 6.2.2 Aviso de precaución

Precaución → Este aviso (imagen 4) indica que puede presentarse un peligro.

Imagen 2. Aviso de Precaución



Fuente: Autores

### 6.2.3 Aviso de advertencia

Este aviso (imagen 5) indica que es una situación altamente peligrosa, que puede incurrir en la muerte del personal.

Imagen 3. Aviso de Advertencia



Fuente: Autores



## 6.3 GENERAL

La introducción del AMM para la aeronave VANT se basó en el AMM de la aeronave TL- 2000 de Sting Sport.

La información que se documenta es tomada de revisiones hechas a la aeronave, inspecciones visuales, con apoyo de documentos como lo son el proyecto de grado con título Diseño Detallado Y Construcción De La Aeronave VANT SOLVENDUS, el proyecto de grado con título Análisis Aerodinámico Computacional Y Experimental Para El Ala De Un Mini Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT).

### 6.3.1 Introducción del capítulo

Este capítulo del AMM contiene información principal para llevar acabo el mantenimiento de la aeronave, como lo son los alcances, seguridad, definiciones, datos del VANT y documentos necesarios en el mantenimiento.

La sección general del AMM contiene:

- ✚ Alcances.
- ✚ Seguridad.
- ✚ Documentos de referencia.
- ✚ Definiciones y abreviaciones.
- ✚ Datos descriptivos.
- ✚ Lista de equipos mínimos de la aeronave.
- ✚ Formas.

### 6.3.2 Alcances

El AMM está realizado para que el operador conozca la aeronave y pueda realizar un mantenimiento seguro, los alcances son:

- ✚ Mantenimiento de la estructura: Realizado con el fin de predeterminedar la vida útil de la estructura.
- ✚ Inspecciones o Tareas: trabajos programados para realizar un mantenimiento preventivo y eficiente.
- ✚ Información de los sistemas: Se realiza con la necesidad de indicar el “performance” de cada sistema.
- ✚ Sistemas: conocer cómo se realiza el mantenimiento de cada sistema.
- ✚ Pintura y marcas: Este capítulo indica todo lo relacionado con la manera en la cual debe de ser pintada la aeronave y que marcas se utilizan.
- ✚ Los sistemas como motor, celdas fotovoltaicas, hélice y aviónica poseen por parte del fabricante información de mantenimiento, los cuales son anexados al MMA del VANT SOLVENDUS.

### 6.3.3 Seguridad

El personal que realice trabajos como reparaciones, chequeos, detección de daños, etc. sobre el VANT, debe preocuparse por su salud e integridad la cual puede verse en muchas ocasiones comprometida, ya sea por los químicos, el particulado que pueden afectar los ojos o la piel, la falta de protección al manipular la herramienta, el ruido, los olores ofensivos, las intoxicaciones por las resinas que se trabajan en los materiales compuestos.

Los EPP seleccionados para el operador, son los que se utilizan frecuentemente en el semillero de investigación del VANT SOLVENDUS.

Al trabajar con los materiales compuestos es necesario que el personal tenga como mínimo los siguientes EPP:

Tabla 4. Elementos de Protección Personal

EPP	IMAGEN
ZAPATOS CERRADOS	  Fuente: <a href="https://www.episarchanda.com/">https://www.episarchanda.com/</a>
OVEROL	  Fuente: <a href="http://www.dinager.com/">http://www.dinager.com/</a>

<p>GUANTES DE NITRILO</p>	 <p>Fuente: <a href="http://www.solouniformes.es/215-guantes-de-nitrilo">http://www.solouniformes.es/215-guantes-de-nitrilo</a></p>
<p>GAFAS</p>	 <p>Fuente: <a href="http://www.trbl.es/catalogo/2010/06/gafas-antivaho">http://www.trbl.es/catalogo/2010/06/gafas-antivaho</a></p>
<p>CARETA</p>	 <p>Fuente: <a href="http://santiago.all.biz/elementos-de-proteccion-personal-proteccion-31921#.VoqvFvnhAps">http://santiago.all.biz/elementos-de-proteccion-personal-proteccion-31921#.VoqvFvnhAps</a></p>

Fuente: Autores

Las imágenes de los EPP, son ilustrativas no necesariamente el operador debe de utilizar los que salen allí

### 6.3.4 Documentos de referencia

Los documentos de referencia son aquellos que regulan la elaboración del AMM, y que contienen los requisitos mínimos.

🚦 RAC parte IV Normas de aeronavegabilidad y operación de aeronaves:

- Apéndice A Capítulo 1.
- Apéndice B Capítulo 1.
- Apéndice D Capítulo 1.

🚦 FAR 23.

### 6.3.5 Abreviaturas, glosario y símbolos

#### ▪ Abreviaturas

AFM	Aircraft Flight Manual
AMM	Aircraft Maintenance Manual
ASTM	American Society for Testing and Materials
CAD	Computer-Aided Design
CMTC	Centro de Manufactura y Textiles en Cuero
EPP	Elementos de Protección Personal
FAA	Federal Aviation Administration
FAR	Federal Aviation Regulations
GPS	Global Positioning System
ISA	International Standar Atmosphere
LRU	Line Replaceable Unit
MMA	Manual de Mantenimiento de la Aeronave
MVA	Manual de Vuelo de la Aeronave
MMEL	Master Minimum Equipment List
MSG	Maintenance Steering Group
OACI	Organización de Aviación Civil internacional
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PSA	Pressure Sensitive Adhesive
RAC	Reglamento Aeronáutico Colombiano
RPA	Remotely piloted Aircraft
RPAS	Remotely piloted Aircraft System
SARPS	Standards and Recommended Practices
SENA	Servicio Nacional de aprendizaje
SLOG	Short Landing Ground

SLO	Short Landing
STO	Short Takeoff
STOG	Short takeoff Ground
UA	Unmanned Aircraft
UAS	Unmanned Aircraft Systems
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
VANT	Vehículo Aéreo No Tripulado

▪ Glosario

Advertencia	Es una señal que se utiliza para llamar la atención o alertar de un peligro inminente.
Aeronave	Es un tipo de maquina capaz de sustentarse en el aire por sus propios medios, por medio de reacciones entre sus forma y el aire.
ASTM	Por sus siglas en ingles American Society for Testing and Materials, es una asociación que desarrolla normas internacionales
ASTM 3039	Es el método estándar utilizado para hallar las propiedades mecánicas de los materiales compuestos.
Autónomo	Es una palabra utilizada en los UAS que indican que la aeronave no necesita de operación humana durante la misión.
Bllede	Tela que se encarga de absorber la resina restante.
Breather	Tela que se encarga de envolver la pieza durante el vacío.
Cuerda	Es la longitud que existe entre el borde de ataque y el borde de fuga de un perfil aerodinámico.
Desempeño	Son las capacidades que tiene una aeronave que le permiten cumplir o llevar acabo la misión para la que está diseñada, estas capacidades son perturbadas por el medio donde se encuentre la aeronave
Eje longitudinal	Es un eje que indica la mitad de la aeronave en el plano horizontal
Emergencia	Es el motivo justificado por el cual se puede decir que la aeronave en este caso se encuentra amenazado bajo un peligro
Envergadura	Longitud que existe entre las puntas del ala.
FAR 23	Es la regulación de la FAA que indica los estándares de aeronavegabilidad para las aeronaves de categoría normal, utilitaria y acrobática
Fatiga	Es un fenómeno que experimentan los materiales que se exponen a cargas dinámicas, que conlleva a la ruptura de los mismos.
Grieta	Es un espacio que tiene expansión longitudinal causada por efectos naturales con muy poco anchor.

Hendidura	Es una grieta con mayor profundidad
Holgura	Es el espacio sobrante que existe entre dos cosas que encajan.
inspección	Es un método de exploración utilizado para identificar y evaluar.
Línea de dato	La línea datum es un punto de referencia con el cual se podrá sacar el CG de la aeronave. Esta línea usualmente está ubicada en la nariz de la aeronave y desde allí se toma las distancias horizontales de la ubicación de las cargas.
Línea de referencia	La línea de referencia es un eje imaginario ubicado aguas abajo de la aeronave con el fin de ubicar el CG sobre el plano vertical.
Mantenimiento	Aquellas actividades como cambiar, inspeccionar, revisar, reparar; con el fin de mantener la vida útil de la aeronave
Manual de mantenimiento	Documento en el cual se describen los procedimientos de reparación, tiempos de vida, procedimientos de ensambles y desensambles, procedimientos de mantenimiento en tierra para la aeronave.
Manual de vuelo	Documento en el cual se describen los procedimientos de los sistemas, límites, desempeño, emergencia que requiere el operador para volar la aeronave.
Materiales compuestos	Es un tipo de material que resulta de la unión de dos o más materiales con el fin de crear un material con capacidades singulares, con propiedades mecánicas y químicas excelentes en la fabricación de aeronaves.
Nota	Es una señal que se utiliza para indicar algo importante.
Peel ply	Tela que se encarga de pulir la superficie de la pieza que se le aplico el vacío.
Peso	Es la medida fuerza que actúa sobre un a objeto a causa de la gravedad
Precaución	Es una señal que se utiliza para prevenir un daño o un peligro.
Prueba	Es la acción que se realiza para examinar la veracidad de algo.
Radiación solar	Es el efecto electromagnético emitido por el sol.
Relación de Aspecto	Es la relación que existe entre la envergadura y el área del ala de la aeronave.
Relación de Taperado	Es la relación entre la cuerda de raíz y la cuerda de punta del ala.
Servicio	En aviación son todas aquellas actividades que se le prestan a la aeronave cuando esta se encuentra ya sea en tierra o en el aire.

Sustentación	Es la medida de fuerza que actúa sobre un objeto a causa del paso de un fluido como el aire, en el cual se crea una diferencia de presiones que permite sustentar la pieza.
Tarea	Son aquellas actividades que se llevan a cabo, en determinado tiempo bajo procedimientos ya planteados.
Techo de servicio	Es la altitud máxima a la que la aeronave puede volar por diseño.

#### ▪ Símbolos

°C	Celsius
°F	Fahrenheit
A	Amperios
a.m.	Antes meridiano
AC	Corriente alterna
AD	Corriente directa
CG	Centro de gravedad
Cl	Coeficiente Lift
D	Drag
fpm	Foot per minutes
ft	Foot
g	Gramo
G	Gravedad
GW	Gross Weight
h	Hora
in	Pulgada
Kg	Kilogramo
Knots	Nudos
L	Lift
m/s	Metros por segundo
mA	Miliamperios
min	Minuto
ml	Mililitro
mm	Milímetro
n_lim	Factor de carga limite
nm	Nautical mile
oz	Onza
P	Potencia
p.m.	Pasado meridiano
PSI	Pound Square Inch
RPM	Revoluciones Por minuto
RX	Recepción

S	Superficie alar
seg	Segundo
T	Thrust
Tx	Transmisión
V	Voltios
V1	Decistion Speed
VA	Design maneuvering speed.
VC	Design cruise speed,
VD	Design diving speed
VMC	Minimum control speed.
VNE	Never exceed speed
VNO	Maximum structural cruising speed
VR	Rotation speed
VS	Stall speed
VSO	Stall speed in landing configuration
VX	Speed that will allow for best angle of climb
VY	speed that will allow for the best rate of Climb
W	Weight
$\alpha$	Ángulo de incidencia
$\rho$	Densidad
$\sigma$	Radio de densidad

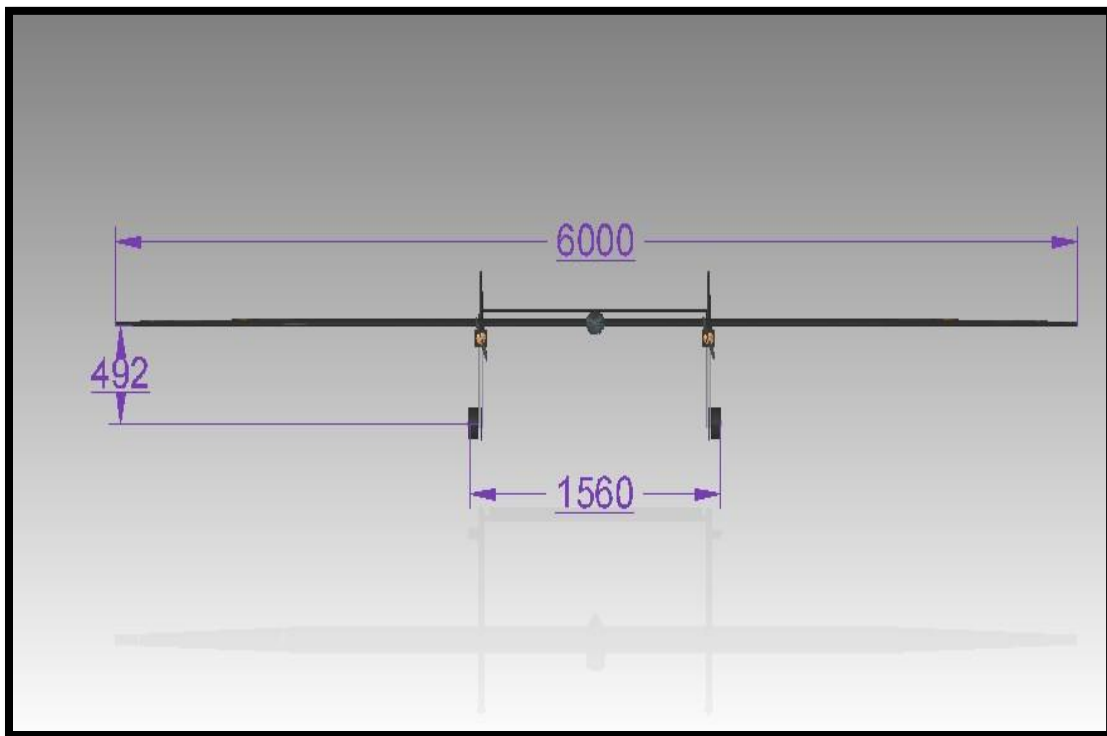
### 6.3.6 Vistas de la aeronave

Las vistas de la aeronave son desde las tres perspectivas principales, superior, frontal, lateral, las vistas son tomadas del CAD de la aeronave.

Las unidades de las dimensiones son en mm.

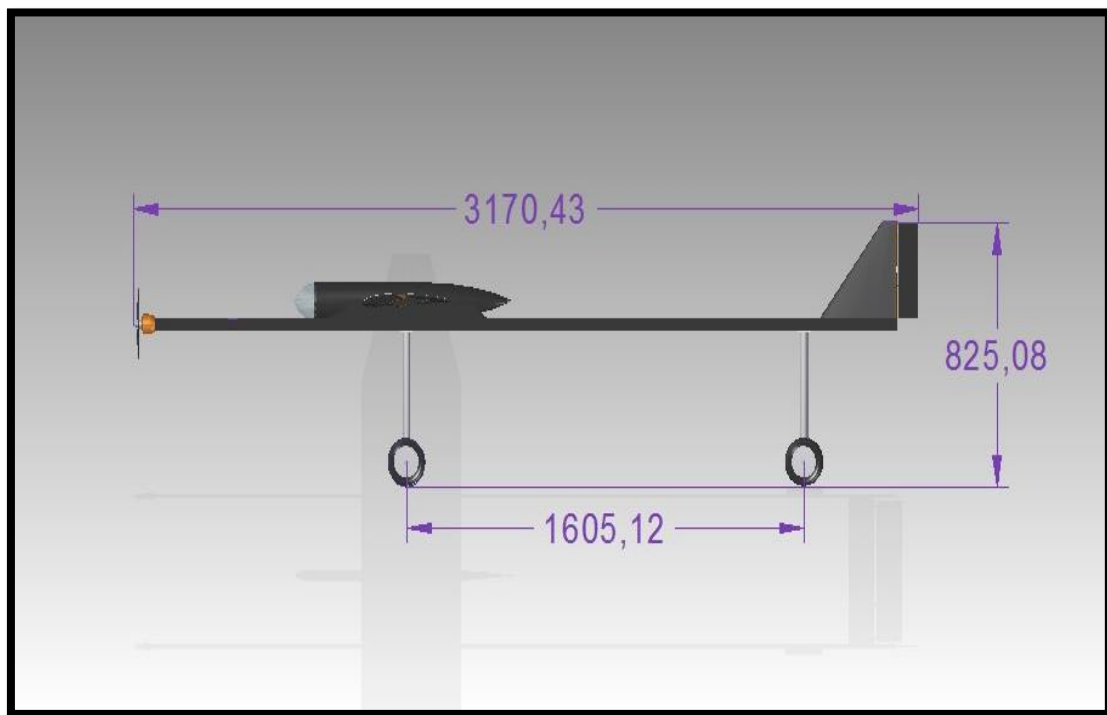


Imagen 4. Vista frontal



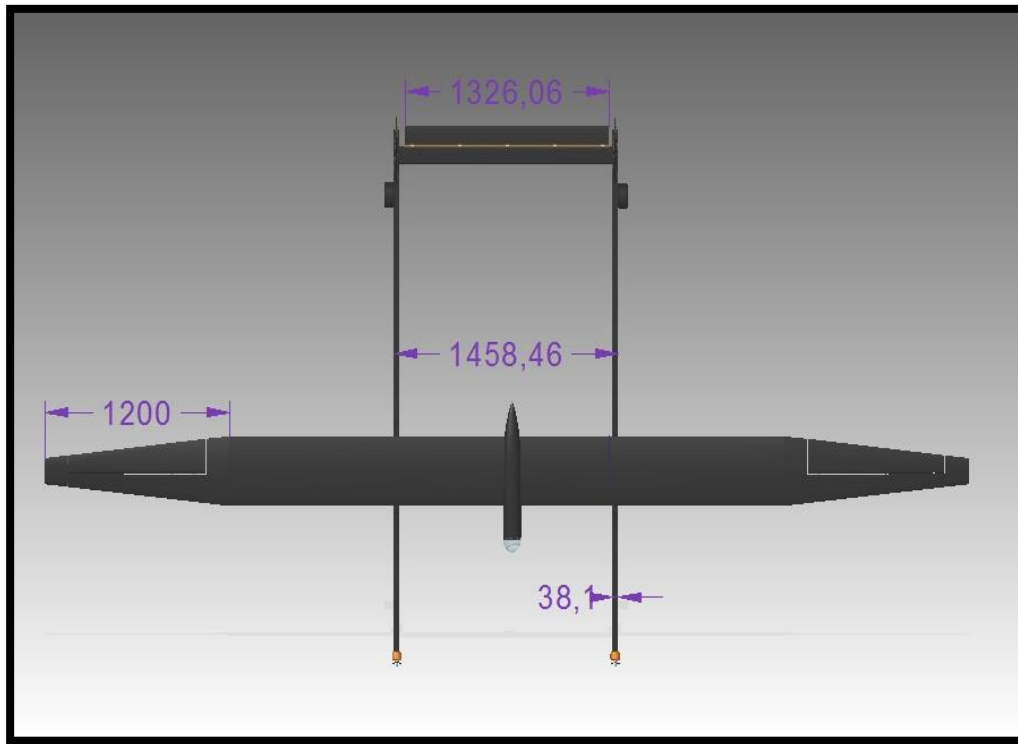
Fuente: Autores

Imagen 5. Vista lateral



Fuente: Autores

Imagen 6. Vista superior



Fuente: Autores

### 6.3.7 Datos descriptivos

Para describir la aeronave VANT SOLVENDUS se realizó una inspección visual a toda la aeronave.

La aeronave VANT SOLVENDUS es un Vehículo Aéreo No tripulado, ala alta, propulsada por dos motores eléctricos, tren de aterrizaje de cuatro ruedas, empenaje tipo H, piloteada a control remoto, clasificación tipo 1 categoría mini según clasificación OTAM, ver tabla 1, fabricada en materiales compuestos (fibra de carbono y fibra de vidrio) en estructuras tipo Sándwich, la planta motriz, los sistemas de navegación y el movimiento de las superficies de control son alimentadas por celdas fotovoltaicas. Su misión principal es el reconocimiento visual.<sup>9</sup>

El conocer a detalle cada componente principal y las distancias de la aeronave, proporcionan al operador información importante, por lo tanto se presenta las características de cada uno.

---

<sup>9</sup> Ariza c. Johan; figueredo c. David ; hernandes c. Jesica, *diseño detallado y construcción de la aeronave vant solvendus*, Bogotá d.c., Bogotá d.c., 2014

- Motor

La aeronave VANT SOLVENDUS es propulsada por dos motores eléctricos referencia AXI 5345/16 HD Gold line, seleccionado ya que su alta potencia con bajo consumo de electricidad hace un motor eficiente para la aeronave. Las especificaciones generales del motor son:<sup>10</sup>

Tabla 5. Especificaciones motor

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Numero de motores	2
Nº de células	8-12 Li-Poly
RPM / V	195 RPM / V
Max. eficiencia	94%
Max. eficiencia actual	30-75 A (> 85%)
Sin corriente de carga / 30 V	2,1 A
Capacidad actual	90 A / 20 s
Resistencia interna	34 mohmios
Dimensiones (diámetro. X largo)	63x81 mm
Diámetro del eje	8 mm
Peso con cables	995 g

Fuente: Autores

- Hélice

La hélice de la aeronave es de referencia XOASR 2210. Está construida en resina epoxi con un laminado de fibra de carbono tipo esqueleto.<sup>11</sup>

Tabla 6. Especificaciones a hélice

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Numero de hélices	2
Palas	2
Diámetro.	22 in
Pitch	1 in
Diámetro del agujero	10mm
Peso	135g
Diámetro del eje	8 mm
Peso con cables	995 g

Fuente: Autores

<sup>10</sup> <http://www.modelmotors.cz/index.php?page=61&product=5345%20HD&serie=16&line=GOLD>

<sup>11</sup> <http://www3.towerhobbies.com/cgi-bin/wti0001p?&I=LXZHY9&P=M>

- Dimensiones básicas.

Las investigación que se hicieron para conocer las medidas de la aeronave, fueron leer los documentos de diseño de la aeronave, con el fin de conocer valores como las relaciones de aspecto y de taperado; las longitudes fueron tomadas del CAD de la aeronave

Las dimensiones básicas son medidas para determinar la forma y el tamaño de la aeronave.

- ✚ CAD del avión.
- ✚ Documentos de fabricación de la aeronave.
- ✚ Cálculos de dimensiones.

Cada dimensión fue tomada así

#### Longitudes

Tabla 7. Longitudes del avión

Dimensión	Valor (cm) medición en CAD	Valor (cm) medición del avión
<b>Longitud</b>	317,28	320
<b>Altura</b>	83	83
<b>Envergadura</b>	600	600

Fuente: Autores

#### Área

Tabla 8. Área del avión

Dimensión	Valor (cm <sup>2</sup> )	De donde fue tomada
<b>Ala</b>	21000	Ibid., herrera, silva, tellez. Pág. 21

Fuente: Autores

#### Relaciones

Tabla 9. Relaciones del avión

Dimensión	Valor	De donde fue tomada
<b>AR</b>	17,14	Ibid., herrera, silva, tellez. Pa21
<b>Relación de taperado</b>	0,375	Ibid., herrera, silva, tellez. Pa21

Fuente: Autores

### 6.3.8 Lista de equipos mínimos de la aeronave.

El VANT SOLVENDUS tiene una serie de equipos con los cual lleva a cabo la misión para la cual está diseñado, si hace falta uno de los equipos el operador puede ir

esta lista y observar si está evaluado la operatividad de la aeronave sin ese componente.

Los equipos fueron seleccionados con el mínimo requerimiento para realizar la misión más sencilla que es ejecutar un despegue y un aterrizaje con seguridad.

Para observar la lista de equipos mínimos de la aeronave diríjase al anexo 1 (MMA).

### 6.3.9 Formas

Para elaborar las formas necesarias del MMA del VANT SOLVENDUS se tomaron en cuenta las formas aplicables del MMA de la aeronave TL 2000.<sup>12</sup>

Las formas son documentos en los cuales son consignados los reportes del mantenimiento, fallas, desempeño de partes e incidencias.

Para observar las formas de la aeronave diríjase al anexo 1 (MMA).

---

<sup>12</sup> ULTRA LIGHT CZECH REPUBLIC, «Sting Sport Aircraft Maintenance Manual,» de *Sting Sport Aircraft Maintenance Manual*, ULTRA LIGHT CZECH REPUBLIC, 2005

## 6.4 INSPECCIONES

Este capítulo del AMM contiene los análisis matemáticos realizados para determinar los tiempos de remplazo hacia los componentes de la aeronave, sustentados en pruebas destructivas y graficas SN para materiales compuestos, programas de lavado y lubricación, procedimiento de peso y balance, con un pequeño catálogo de partes ilustradas.

La información que se documenta es tomada de revisiones hechas a la aeronave, inspecciones visuales, con apoyo de documentos de fabricación como lo son los proyectos de grado de los integrantes del semillero e investigaciones hechas a materiales compuestos.

### 6.4.1 Introducción del capítulo

En este capítulo del manual se desea mostrar información principal del mantenimiento periódico o programado, procedimientos de peso y balance, servicios, y el IPC básico de la aeronave

### 6.4.2 Limpieza y lavado de la aeronave

Para predeterminar la vida útil de la aeronave es necesario realizar una limpieza y un lavado, después de cada vuelo y cada 50 horas.

Para realizar un lavado en el cual la aeronave no tenga reacciones químicas convino escoger agentes que no reaccionaran con la fibra, paños de limpieza que no sean abrasivos y que no dejen motas.

Para las superficies de la aeronave que son en polímero y fibra de carbono se escogió el agente limpiador SILF 27 ya que no contiene fenoles, cromatos ni fosfatos.<sup>13</sup> Las proporciones de agente limpiador que se utiliza depende del volumen de la pieza según ficha técnica del agente (ver anexo 2).

Para limpiar la superficie se escogieron los paños de microfibra Scotch –brite.<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> FRANCO QUIMICA S.A., «Productos,» Productos ecologicos, [En línea]. Available: <http://www.francoquimica.com.ar/producto-ecologico.php?id=9&cat=9&prod=187>. [Último acceso: 20 Diciembre 2015]

<sup>14</sup> 3M. (20 de Diciembre de 2015). *Scotch- brite*. Obtenido de Paño de Microfibra Scotch-Brite® Colores:[http://www.scotch-brite.com.mx/wps/portal/3M/es\\_MX/Scotch-](http://www.scotch-brite.com.mx/wps/portal/3M/es_MX/Scotch-)

Para las superficies de la aeronave que son en vidrio o acrílico se escogió el agente limpiador TF#17.

Imagen 7. Agente limpiador TF#17



Fuente: <http://multimedia.3m.com/mws/media/879388P/3m-glass-cleaner-and-protector-concentrate-17l.jpg?boundedSize=310>

Imagen 8. Paños de fibra Scotch-Brite



Fuente: <http://multimedia.3m.com/mws/media/939665P/paño-de-microfibra-scotch-brite-cocina-y-multiusos.jpg?boundedSize=310>

---

Brite\_Mexico/Inicio/Productos/Catalogo/~-/Pa%C3%B1o-de-Microfibra-Scotch-Brite-Colores?N=4337+3293999508&rt=rud

- Limpieza Post-vuelo

La limpieza post-vuelo se realiza con la intención de cuidar la estructura de la aeronave, para observar el procedimiento diríjase al anexo 1 (MMA).

- Lavado cada 50 horas

El lavado cada 50 horas es general para la aeronave es creado con el objeto de cuidar la estructura así mismo reducir el peso generado por el mugre. Para observar el procedimiento diríjase al anexo 1 (MMA).

#### 6.4.3 Vida útil de la aeronave e inspecciones periódicas

La vida útil de la aeronave VANT SOLVENDUS de basa en el cumplimiento estricto del MMA y no exceder los límites de operación, de esta manera se mantiene una buena resistencia en la estructura y una buena operación de los sistemas.

Aunque es muy difícil determinar la vida útil de la aeronave como lo dice Paul Hayes director de Seguridad Aérea de Ascend “En la industria de la aviación no hay un número específico de años que determine que es seguro –o no- utilizar una aeronave, sea cual sea el modelo”,<sup>15</sup> se puede garantizar es que los componentes no deben fallar antes de determinado tiempo cumpliendo con los parámetros establecidos.

La vida útil de la aeronave VANT SOLVENDUS depende de los siguientes factores:

- ✚ La correcta operación de la aeronave.
- ✚ No exceder los límites indicados por el MVA.
- ✚ Cumplir con las inspecciones periódicas.
- ✚ No adicionar cargas a la aeronave y menos repetitivas.
- ✚ Aparcar la aeronave correctamente.
- ✚ Aplicar agentes de cuidado en piezas como la hélice, la bancada.
- ✚ Si la aeronave permanecerá por un tiempo en el cajón, este debe de estar fuera de los rayos de luz y el agua, en un lugar fresco.

- Determinación vida útil de las piezas

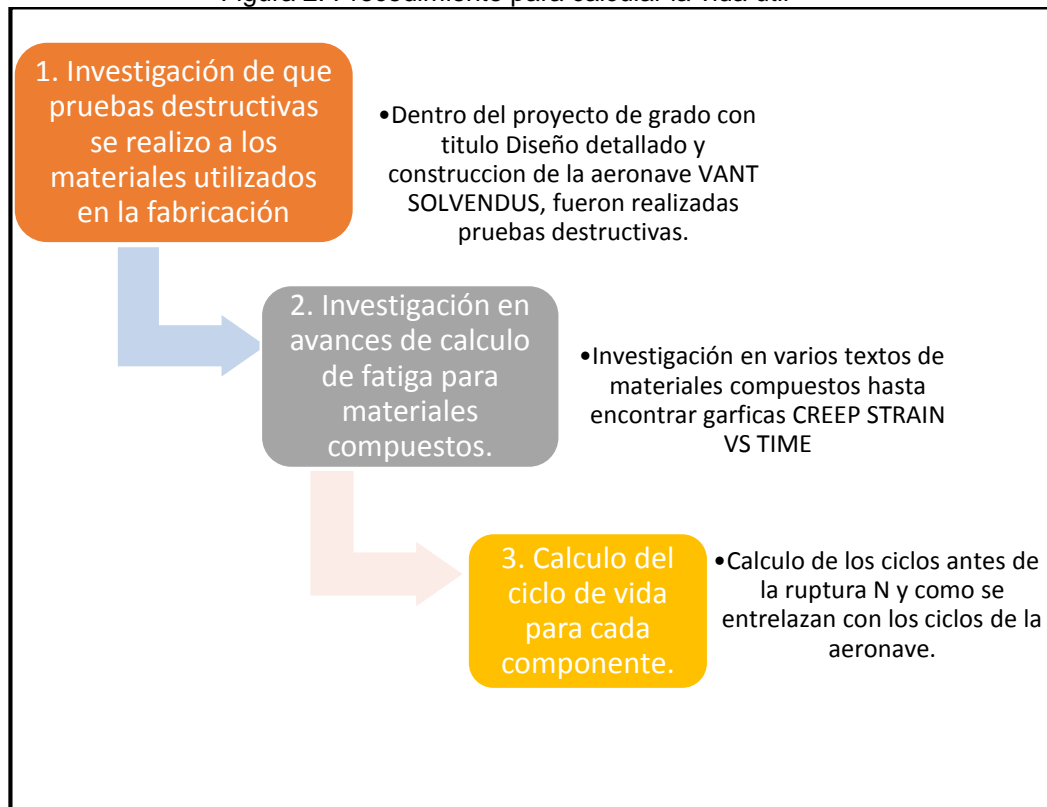
Para determinar el límite de vida por fatiga de estas piezas se investigó que la fatiga natural depende de probabilidad estadística y factores de seguridad por lo tanto para determinar la vida útil se consiguió por el siguiente procedimiento.

---

<sup>15</sup> BBC. (27 de Marzo de 2015). Germanwings: ¿cuándo un avión es muy viejo para volar? BBC MUNDO ONLINE, pág. 1



Figura 2. Procedimiento para calcular la vida útil



Fuente: Autores.

Paso 1: Investigación de que pruebas destructivas se realizo a los materiales utilizados en la fabricación.

Entre los proyectos de grado que se han desarrollado en el semillero de investigación VANT SOLVENDUS se encontro uno con titulo Diseño detallado y construcción de la aeronave VANT SOLVENDUS, en el cual los investigadores fabricaron un total de 25 probetas para determinar que cantidad de capas en material compuesto utilizaria cada pieza de la aeronave, las pruebas a las probetas fueron realizadas en el CMTC del SENA bajo la norma ASTM 3039.<sup>16</sup>

Entre los resultados que obtuvieron, se observa la tabla 14, la cual es de gran provecho para determinar la vida util de las piezas, debido a que muestra el deformación ultima de las piezas que son contruidas en materiales compuestos.

<sup>16</sup> Ariza c. Johan; figueredo c. David ; hernandes c. Jesica, *diseño detallado y construcción de la aeronave vant solvendus*, Bogotá d.c., Bogotá d.c., 2014

Tabla 10. Deformación ultima por tipo de fabricación.

Tipo de fabricación	Probetas	Deformación ultima
1	Una capa de fibra de carbono	7,19%
2	Dos capas de fibra de carbono	11,3%
3	Una capa de fibra de carbono y una de vidrio	5,32%
4	Fibra de carbono y madera de balsa	8,32%

Fuente: autores

Asi mismo hay que conocer que piezas estan construidas en materiales compuestos y son<sup>17</sup>:

- ✚ Tailbooms.
- ✚ Costillas del ala.
- ✚ Stringers del ala.
- ✚ Viga principal del ala.
- ✚ Alerones.
- ✚ Piel del estabilizador horizontal.
- ✚ Cajas del estabilizador vertical.
- ✚ Piel de los estabilizadores verticales.
- ✚ Soportes estabilizadores verticales a los Tailbooms.

Paso 2: Investigación en avances de cálculo de fatiga para materiales compuestos.

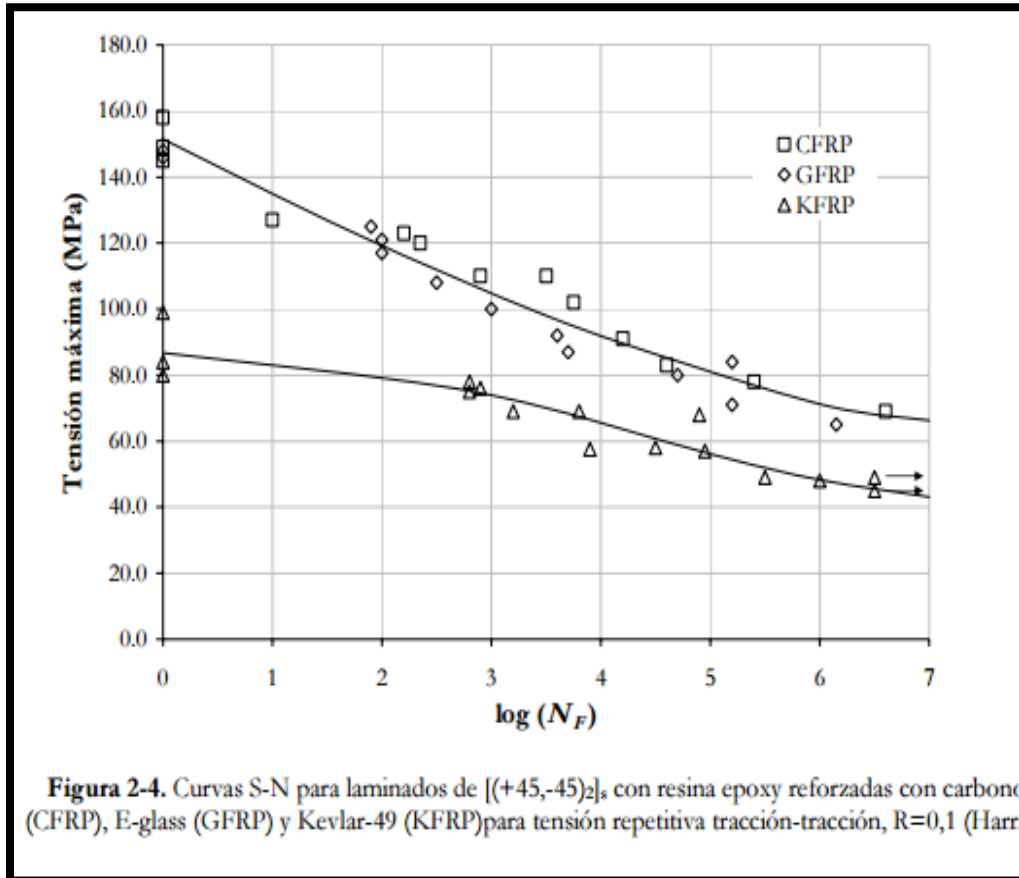
Se realizó investigaciones hasta encontrar gráficas para fibra de carbono útiles para el tipo de fibra utilizada en la aeronave, en las cuales se encontrara el comportamiento de deformación vs tiempo.

Las gráficas encontradas fueron las siguientes.

En la gráfica 5 se observa el comportamiento SN para tres tipos de materiales compuestos, en el cual está el CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) que aplica para el material compuesto de fibra de la aeronave, no se escogió esta grafica debido a que el esfuerzo máximo al que se ve sometidos las probetas son muy altos y las pruebas realizadas no tienen esos valores.

<sup>17</sup> Ariza c. Johan; figueredo c. David ; hernandes c. Jesica, *diseño detallado y construcción de la aeronave vant solvendus*, Bogotá d.c., Bogotá d.c., 2014

Grafica 1. Curva SN para laminados de carbono.

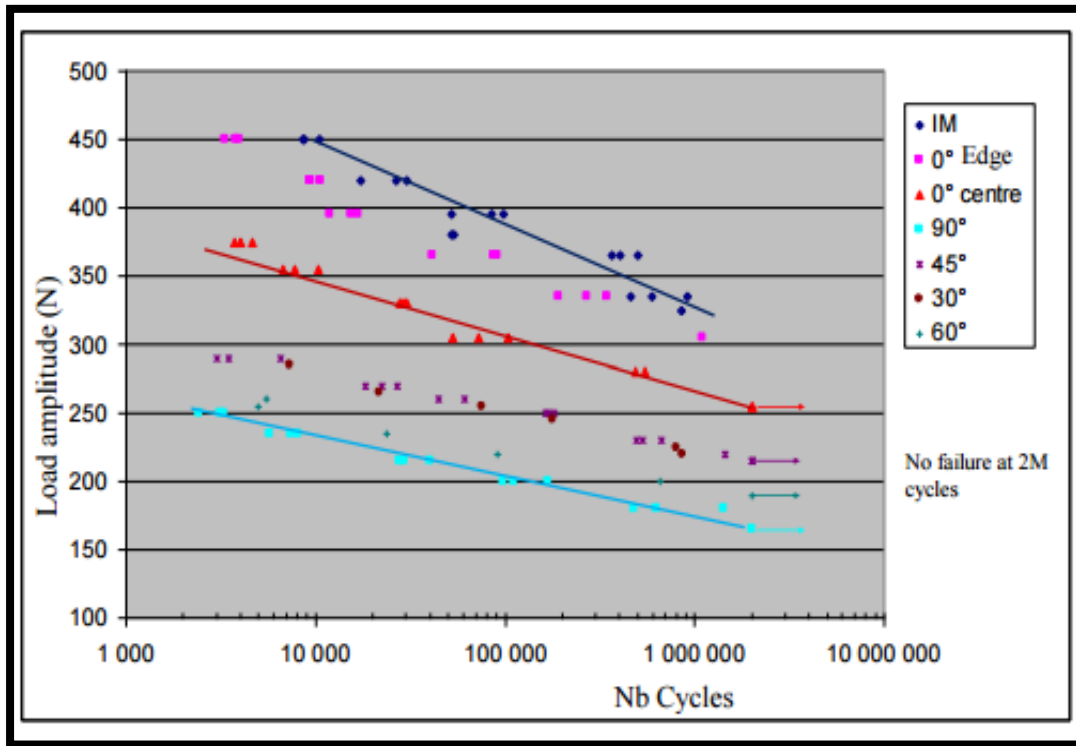


Fuente:

<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6860/02CAPITULO.pdf;jsessionid=72BEE6FAE0942CB1BCEC6AF593B62DEC.tdx1?sequence=3>. Pág. 26

La grafica 6 se observa el comportamiento un laminado de CFRP fibra que aplica para el material del material compuesto utilizado en la fabricación de la aeronave debido a que comparten características mecánicas. La grafica no puede ser tomada como referencia para la investigación debido a que el módulo de prueba del CMTC del SENA era de 5000N y la gráfica tiene un rango de 500N.

Grafica 2. Grafica Fuerza vs ciclos.

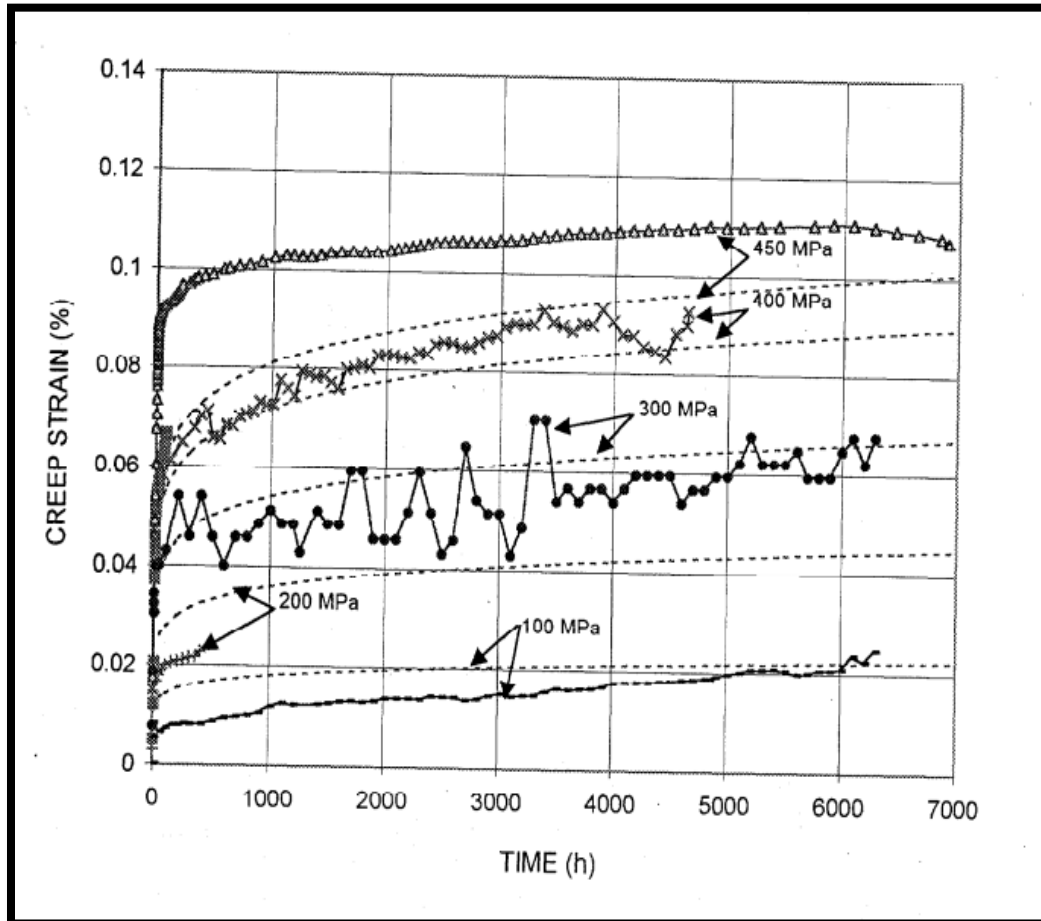


Fuente: [http://fatiguedesign.cetim.fr/pages/communication/FatigueDesign2015\\_Paper-Example.pdf](http://fatiguedesign.cetim.fr/pages/communication/FatigueDesign2015_Paper-Example.pdf).

La gráfica obtenida y aplicable a esta investigación es la gráfica 7, contiene el rango de la deformación ultima en el que se encuentra cada una de las probetas de CFRP construidas y el esfuerzo máximo obtenido en cada una de las pruebas, el material con el que se hizo las pruebas es una fibra de carbono 3k al igual que la fibra de carbono con la que fue construida la aeronave<sup>18</sup>.

<sup>18</sup> OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY. (1 de Febrero de 2000). BASIC PROPERTIES OF REFERENCE CROSSPLY. Oak Ridge, Tennessee, Estados Unidos.

Grafica 3.Experimental time vs Creep strain fiber carbon



Fuente: Yak Ridge Nacional Laboratory, Basic Properties of Reference Crossply Carbon-Fiber Composite, 2000.

Pasó 3: Calculo del ciclo de vida para cada componente.

Los componentes que aplican para el cálculo de vida, dependen del tipo de fabricación y la naturaleza de la fatiga que no es las que la utilización de metodología probabilística y mantener un coeficiente de seguridad, permite acercarse al momento de falla de la pieza<sup>19</sup>.

<sup>19</sup> Universidad Nacional de La Plata. (01 de 12 de 2015). *archivos aero*. Obtenido de Fatiga: <http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/catedras/archivos/Fatiga.pdf>

Por lo tanto la utilización probabilística se realiza con la gráfica 5. Con un factor de seguridad utilizado normalmente en la industria aeroespacial el cual depende del peso estructural que utilizan los vehículos un factor de seguridad del 40% está dentro del rango utilizado por la industria aeronáutica.<sup>20</sup>

Tabla 11. Tipo de fabricación por componente

<b>Componente</b>	<b>fabricación</b>	<b>Observación</b>	<b>Tipo de fabricación</b>
<b>Tailbooms</b>	Dos capas de fibra de carbono en las secciones paralelas y fibra de carbono y balsa	Se realiza el promedio de los dos deformación ultima	2y4
<b>costillas del ala</b>	fibra de carbono y balsa	Cálculos bajo premisa de que una estructura tipo sándwich es mucho más resistente.	4
<b>Stringers del ala</b>	Dos capas de fibra de carbono	n/a	2
<b>Viga principal del ala</b>	fibra de carbono y madera de balsa	n/a	4
<b>Alerones</b>	Dos capas de fibra de carbono	n/a	2

<sup>20</sup> About.com. Factor safety. Disponible en <http://composite.about.com/library/weekly/aa122997.htm> 29 de Diciembre de 1997.

<b>Piel del estabilizador horizontal</b>	Dos capas de fibra de carbono	n/a	2
<b>Wing box del estabilizador vertical</b>	fibra de carbono y balsa	n/a	4
<b>Piel de los estabilizadores verticales</b>	Dos capas de fibra de carbono	n/a	2
<b>Soportes estabilizadores verticales a los Tailbooms</b>	Dos capas de fibra de carbono	n/a	2
<b>Piel del ala</b>	Una capa de fibra de vidrio una capan de fibra de carbono	n/a	3

Fuente: autores

Para obtener el tiempo antes de la rotura se tomó el valor del deformación ultima y el esfuerzo máximo por cada tipo de fabricación, con esto datos se ubicó en la Grafica 5 el tiempo antes de la rotura.

Tabla 12. Tipo de probetas con tiempo antes de la rotura

Probetas	<b>Deformación ultima (KSI)</b>	<b>tiempo antes la rotura (horas)</b>
<b>Una capa de fibra de carbono</b>	7,19%	2500
<b>Dos capas de fibra de carbono</b>	11,3%	5500

<b>Una capa de fibra de carbono y una de vidrio</b>	5,32%	1100
<b>Fibra de carbono y balsa</b>	8,32%	1200

Fuente: Autores

El cálculo realizado para determinar en qué tiempo se deben de cambiar los componentes es dado por la multiplicación del tiempo antes de la rotura por el factor de seguridad, para demostrar el tiempo y dependiendo de cada tipo de material se creó la tabla 15.

Tabla 13. Realizar cambios

<b>Probetas</b>	<b>Deformación ultima (KSI)</b>	<b>tiempo antes la rotura (horas)</b>	<b>Factor de seguridad</b>	<b>Realizar cambio antes de (horas)</b>
<b>Una capa de fibra de carbono</b>	7,19%	2500	40%	1500
<b>Dos capas de fibra de carbono</b>	11,3%	5500	40%	3300
<b>Una capa de fibra de carbono y una de vidrio</b>	5,32%	1100	40%	660
<b>Fibra de carbono y balsa</b>	8,32%	1200	40%	720

Fuente: Autores

- **Inspecciones Periódicas:**

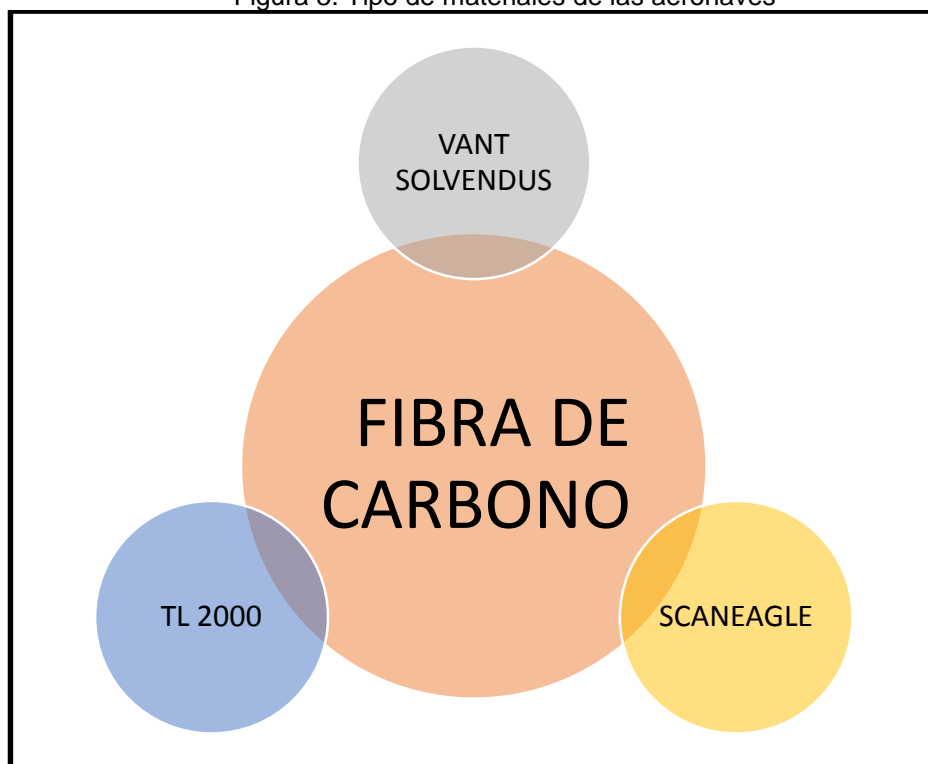
Un sistema de inspección es una guía, realizada ha determinado tiempo, con el fin de que se revise, se replacen partes, piezas sistemas y/o componentes de la



aeronave, para mantenerla en su mejor condición, que por conocimiento previo del fabricante pueden fallar después del tiempo específico.<sup>21</sup>

El determinar los tiempos en los que puede fallar algunos componentes de la aeronave VANT SOLVENDUS, son inalcanzables en el momento para el estudio que se está realizando, por lo que se toma en cuenta las tareas que realizan los explotadores de las aeronaves ScanEagle y TL 2000. Aeronaves similares en algunas características al VANT SOLVENDUS ya sea en materiales de construcción como la aeronave TL 2000 o tipo de aeronave como el caso del ScanEagle por ser un UAV con techo de servicio de 9500 ft aferente al techo de servicio de la aeronave VANT SOLVENDUS.

Figura 3. Tipo de materiales de las aeronaves



Fuente: Autores



#### 6.4.3.1.1 Inspección TAP.

Las inspecciones tipo TAP son una evaluación a la estructura de la aeronave realizada con un martillo de máximo 2 Oz de masa. Es una prueba en la que se

<sup>21</sup> U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. (2008). AVIATION MAINTENANCE TECHNICIAN HANDBOOK FAA-H-8083-30 CHAPTER 8. En U. D. ADMINISTRATION, AVIATION MAINTENANCE TECHNICIAN HANDBOOK FAA-H-8083-30 (págs. 1-34). Oklahoma: U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION.

golpea la estructura con la moneda y dependiendo del sonido de respuesta se indica si hay o no des-laminación o desunión.<sup>22</sup>

La prueba tiene dos respuestas las cuales son dos tipos de sonidos diferentes:

-  Respuesta acústica → indica que la zona está bien
-  Respuesta plana → indica que puede haber falla.

Las inspecciones radiográficas son recomendadas por la FAA para inspeccionar materiales compuestos.

#### **6.4.3.1.1 Inspecciones Prevuelo.**

El prevuelo es una inspección que realiza obligatoriamente el piloto de la aeronave siguiendo una lista de verificación en la cual se incluye el “walk around” o 360°. Las inspecciones son visuales.<sup>23</sup>

El prevuelo para la aeronave VANT SOLVENDUS comprende una lista de chequeo que se puede observar en el anexo 2 (MVA).

#### **6.4.3.1.2 Inspección cada 50 horas de vuelo.**

Las tareas cada 50 horas de vuelo se fundamentan bajo la columna vertebral del mantenimiento del ScanEagle un UAV con características similares al VANT SOLVENDUS.<sup>24</sup>

Las tareas que no tiene el ScanEagle y se desean de colocar al AMM del VANT SOLVENDUS se fundamentan bajo la necesidad de remplazar las piezas antes de fallen.

La inspección cada 50 horas para la aeronave VANT SOLVENDUS comprende una lista de chequeo que se puede observar en el anexo 2 (MVA).

---

<sup>22</sup> U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. (2008). AVIATION MAINTENANCE TECHNICIAN HANDBOOK FAA-H-8083-30 CHAPTER 8. En U. D. ADMINISTRATION, AVIATION MAINTENANCE TECHNICIAN HANDBOOK FAA-H-8083-30

<sup>23</sup> U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. (2008). AVIATION MAINTENANCE TECHNICIAN HANDBOOK FAA-H-8083-30 CHAPTER 8. En U. D. ADMINISTRATION, AVIATION MAINTENANCE TECHNICIAN HANDBOOK FAA-H-8083-30

<sup>24</sup> INSITU. (2007). *Unmanned Aerial Systems Maintenance Handbook*. Bingen: Insitu.

#### **6.4.3.1.3 Inspección cada 100 horas de vuelo.**

La inspección de 100 horas se realizara en conformidad del apéndice D del capítulo IV del RAC.<sup>25</sup>

La inspección cada 100 horas para la aeronave VANT SOLVENDUS comprende la lista de chequeo, que se puede observar en el anexo 1 (MMA).

#### **6.4.3.1.4 Cambios cada 500 horas de vuelo.**

Los cambios cada 500 horas son basadas en los cálculos realizados en esta, los cuales arrojaron el valor de cuando se puede fracturar la pieza, para los componentes que presentaran probabilísticamente fallos entre las 500 y las 1000 horas se realizaron los cambios cada 500 horas, los cuales son:








- Costillas del ala
- Cajas del estabilizador vertical
- Viga principal del ala.

#### **6.4.3.1.5 Cambios cada 2000 horas de vuelo.**

Los Tailbooms son los componentes que por su fabricación como se puede observar en la sección 6.5.2 de este documento y con los datos obtenidos en esta deben de ser cambiados cada 2010 horas de vuelo.

#### **6.4.3.1.6 Cambios cada 3000 horas de vuelo:**

Los cambios cada 3000 horas son basadas en los cálculos realizados en esta sección, los cuales arrojaron el valor de la posible fractura de la pieza, para los componentes que presentaran probabilísticamente fallos a más de 3000h se realizaron los cambios cada 3000 horas, los cuales son:

-  Tailbooms
-  Stringers del ala
-  Alerones
-  Piel del estabilizador horizontal
-  Piel de los estabilizadores verticales
-  Soportes estabilizadores verticales a los Tailbooms
-  Piel del ala

---

<sup>25</sup> Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil . (2015). *RAC 4 NORMAS DE AERONAVEGABILIDAD Y OPERACIÓN DE AERONAVES*. Bogotá D.C: Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil

#### 6.4.4 Lubricación

Lubricar las partes móviles de la aeronave VANT SOLVENDUS es necesario ya que se crea una película de un material fácilmente cizallable que es el lubricante, entre estas piezas evitando desgaste, sobre temperaturas, contribuye a la eliminación de impurezas.<sup>26</sup>

Las partes que están en continuo rozamiento necesitan de dicha película proporcionada por lubricantes, el VANT SOLVENDUS al ser una aeronave amigable con el medio ambiente debe de usar productos ecológicos por lo tanto se escoge una grasa ecológica.

Tabla 14. Programa de lubricación

Parte	Área de lubricación	Periodo		Lubricante
		Cada 7 horas de vuelo	Cada 25 horas de vuelo	
<b>Alerones</b>	Bisagras	X	X	Grasa lubricante ecológica
<b>Timón de profundidad</b>	Bisagras	X	X	Grasa lubricante ecológica
<b>Tren de aterrizaje</b>	Unión rueda – eje de rotación	X	X	Grasa lubricante ecológica
<b>Timón de cola</b>	Bisagras	X	X	Grasa lubricante ecológica




Fuente: Autores

#### 6.4.5 Peso y Balance

El peso y balance es uno de los procedimientos más importantes para la operación segura de la aeronave, debido a que si se presenta una mala distribución de los

<sup>26</sup> Universidad Carlos III de Madrid . (1 de Diciembre de 2015). *Area de ingeniería Mecánica*. Obtenido de Lubricación: [http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/disenio-de-maquinas/material-de-estudio/lubricacion\\_apuntes\\_transp.pdf](http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/disenio-de-maquinas/material-de-estudio/lubricacion_apuntes_transp.pdf)

pesos y el centro de gravedad no está en el lugar correcto, se ven afectados los siguientes factores<sup>27</sup>

-  Permite el vuelo eficiente de la aeronave.
-  Mantiene la vida útil de la aeronave.
-  Seguridad operacional.

Al respecto de todo el procedimiento diríjase a la sección 7.2 del documento.

#### 6.4.6 Catálogo de partes ilustradas

Es un manual que contiene por medio de imágenes información para el mantenimiento de la aeronave, contiene lista de piezas, que permite identificarlas fácilmente.

- Desensambles

El IPC para la aeronave VANT SOLVENDUS se realizó mediante imágenes obtenidas del CAD, el cual se encontraba en formato .Catproduct (Catia) y no estaba actualizado con la optimización realizada durante el segundo semestre del 2015 en el semillero de investigación. Por lo tanto se izó el cambio de formato a .asm (Solid Edge) y en definitiva se crearon los explosionados con convenciones como se puede observar en el anexo 1 (MMA).

- Componentes expuestas

Después de presentar el IPC de la aeronave, se observó que era impórtate mostrar las imágenes de cada componente tanto electrónico como de propulsión y estructura y al final se creó un catálogo al que se llamó componentes expuestos, el cual puede ser observado en el anexo 1 (MMA).

---

<sup>27</sup> Dirección de aeronavegabilidad Republica de Argentina. (1 de Noviembre de 1995). *normativa*. Obtenido de Circular de aseoramiento control de peso y balacneo de aeronaves: [http://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/circ\\_as/ca-120-27b.pdf](http://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/circ_as/ca-120-27b.pdf)

## 6.5 ESTRUCTURAS

Este capítulo del AMM contiene información de cómo están fabricadas las piezas de aeronave con los controles de vuelo, soportadas bajo documentos de la fabricación, como lo es el proyecto de grado con nombre Diseño detallado y construcción de la aeronave VANT SOLVENDUS, y el conocimiento obtenido por medio del semillero de investigación VANT SOLVENDUS en el cual se participó.

### 6.5.1 Introducción del capítulo

En este capítulo del manual se describe como está fabricada cada pieza de la aeronave, como es el proceso de desensamble, cuales son los controles de vuelo, descripción de la asistencia en tierra y límites de la aeronave

### 6.5.2 Estructura de la aeronave

El porcentaje de materiales compuestos de la aeronave VANT SOLVENDUS es del 90%, valor tomado del proyecto de grado con título Diseño detallado y construcción de la aeronave VANT SOLVENDUS.

Los valores de capas de material compuesto, los espesores de los núcleos que fueron utilizados en la construcción de la aeronave e información de dimensiones se obtuvieron del proyecto de grado con título Diseño detallado y construcción de la aeronave VANT SOLVENDUS.

El VANT SOLVENDUS tiene configuración del ala es baja, dos motores. El fuselaje está construido con 2 capas de fibra de carbono, permitiendo una bajo peso de la estructura, asegurando una buena capacidad estructural, el tail boom tiene forma En “I” como se muestra en la figura 25, consta de dos capas de fibra de carbono sobre un núcleo de balsa de 1,55 mm de espesor. <sup>28</sup>

El ala tiene 6m de envergadura, dividida en tres secciones de 2m cada una, una central y dos a los extremos, se compone de costillas, viga principal, stringers y piel, fabricadas en fibra de carbono, el perfil alar de la costillas es Eppler 212, con núcleo de balsa de 1,5 mm de espesor y dos capas de fibra de carbono de 0,7mm formando una estructura tipo sándwich, la viga principal tiene forma de C con un núcleo de balsa de 1,5 mm de espesor con 2 capas de fibra de carbono, los stringers tiene una longitud de 6m divididos en 3 secciones, fabricados con dos capas de fibra de carbono. La piel de la aeronave se compone de una capa de fibra de carbono y una capa de fibra de vidrio. <sup>29</sup>

---

<sup>28</sup> Ariza c. Johan; figueredo c. David ; hernandes c. Jesica, *diseño detallado y construcción de la aeronave vant solvendus*, Bogotá d.c., Bogotá d.c., 2014

<sup>29</sup> Ariza c. Johan; figueredo c. David ; hernandes c. Jesica, *diseño detallado y construcción de la aeronave vant solvendus*, Bogotá d.c., Bogotá d.c., 2014

El empaje es tipo H, los dos estabilizadores verticales están contruidos por costillas con perfil NACA 0012 y la piel fue fabricada con dos capas de fibra de carbono. El estabilizador vertical está contruido con perfiles Naca OO12 y la fabricación de la piel se compone de dos fibras de carbono.<sup>30</sup>

### 6.5.3 Ensamble de la aeronave

La forma de ensamblar cada pieza fue tomada del proyecto de grado con nombre diseño detallado y construcción de la aeronave VANT SOLVENDUS, en ella se encuentra la fabricación de las piezas principales.<sup>31</sup>

#### ▪ Ensamble del empenaje

El ensamblaje del empenaje requiere de dos personas.

##### Procedimiento 1. Ensamble empenaje



Fuente: Autores

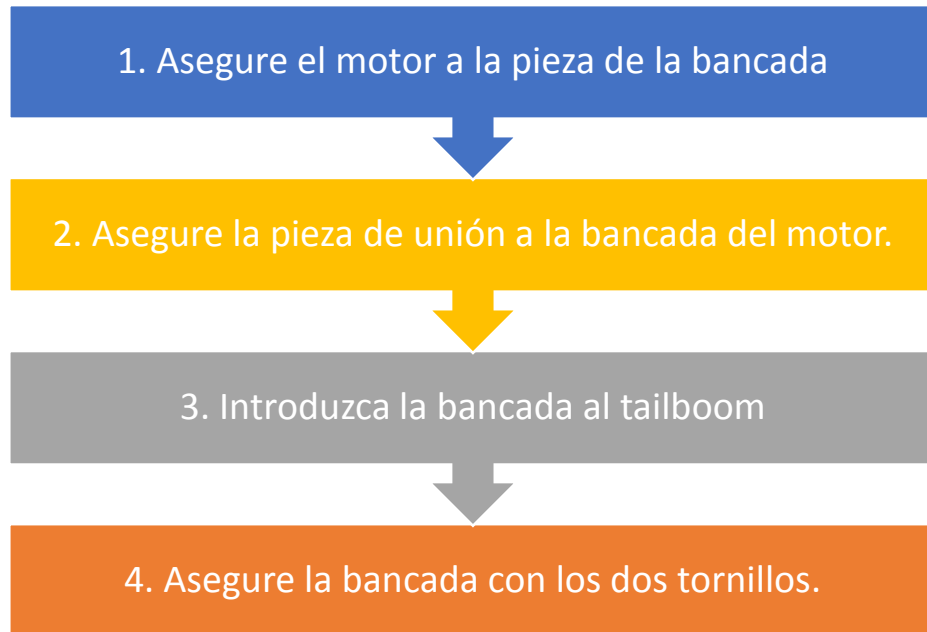
<sup>30</sup> Ariza c. Johan; figueredo c. David ; hernandes c. Jesica, *diseño detallado y construcción de la aeronave vant solvendus*, Bogotá d.c., Bogotá d.c., 2014

<sup>31</sup> Ariza c. Johan; figueredo c. David ; hernandes c. Jesica, *diseño detallado y construcción de la aeronave vant solvendus*, Bogotá d.c., Bogotá d.c., 2014

- Ensamble motor-bancada-tailboom

El ensamblaje del empenaje requiere de una persona.

Procedimiento 2. Ensamble motor-bancada-tailboom



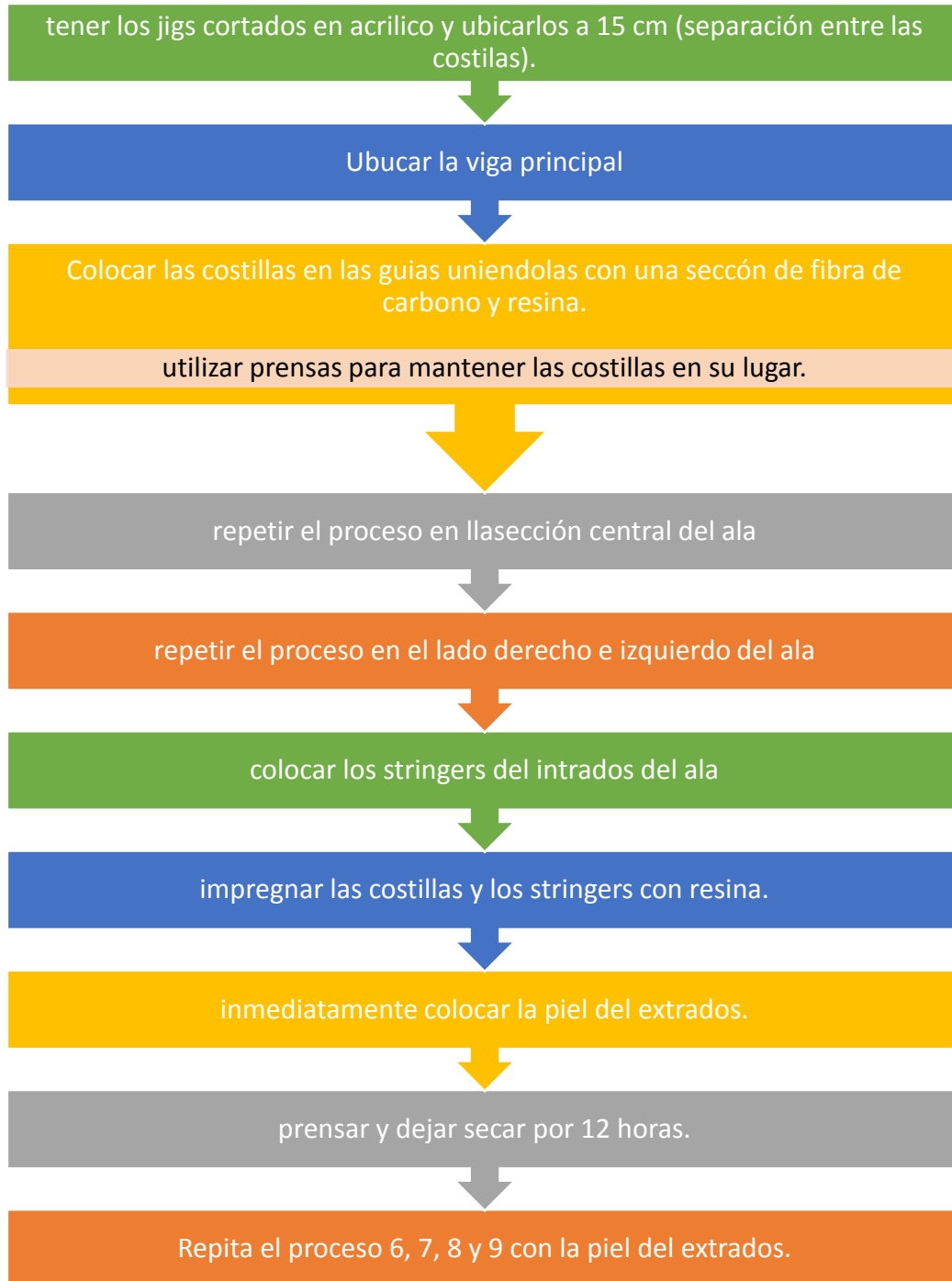
Fuente: Autores

- Ensamble del ala

El ensamblaje del ala requiere de dos personas.



### Procedimiento 3. Ensamble del ala

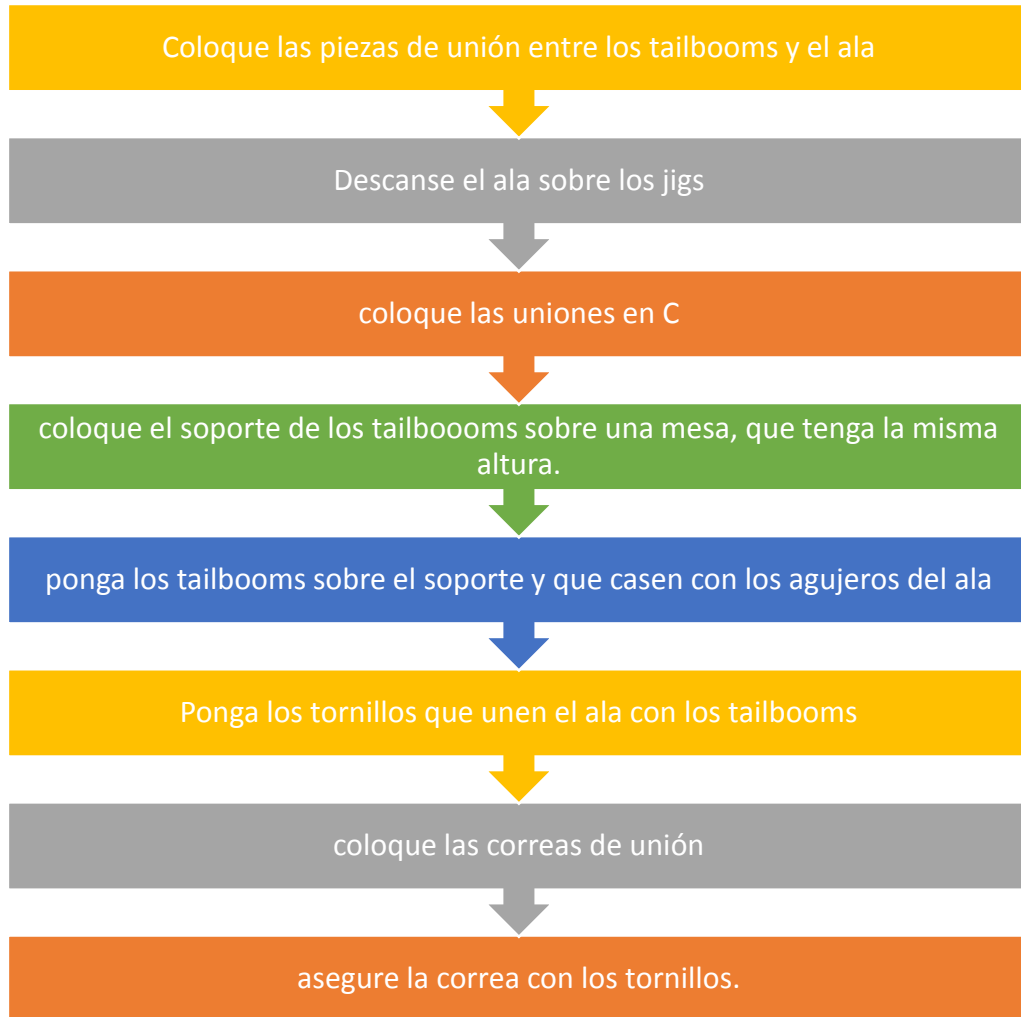


Fuente: Autores

#### ▪ Ensamble del ala al tailboom

El ensamblaje del ala al tailboom requiere de dos personas

#### Procedimiento 4. Ensamble del ala al tailboom



Fuente: Autores

Las siguientes piezas no aparecen en el trabajo de grado Diseño detallado y construcción de la aeronave VANT SOLVENDUS.<sup>32</sup>

- Soporte Tailboom estabilizador vertical
- Unión motor-bancada
- Estructuras en “C” unión ala-tailbooms.
- Bancada de los motores

<sup>32</sup> Ariza c. Johan; figueredo c. David ; hernandes c. Jesica, *diseño detallado y construcción de la aeronave vant solvendus*, Bogotá d.c., Bogotá d.c., 2014

- Ensamble soporte tailboom estabilizador vertical.

El ensamblaje del soporte del estabilizador al tailboom requiere de una persona.

Procedimiento 5. Ensamble soporte tailboom - estabilizador vertical.

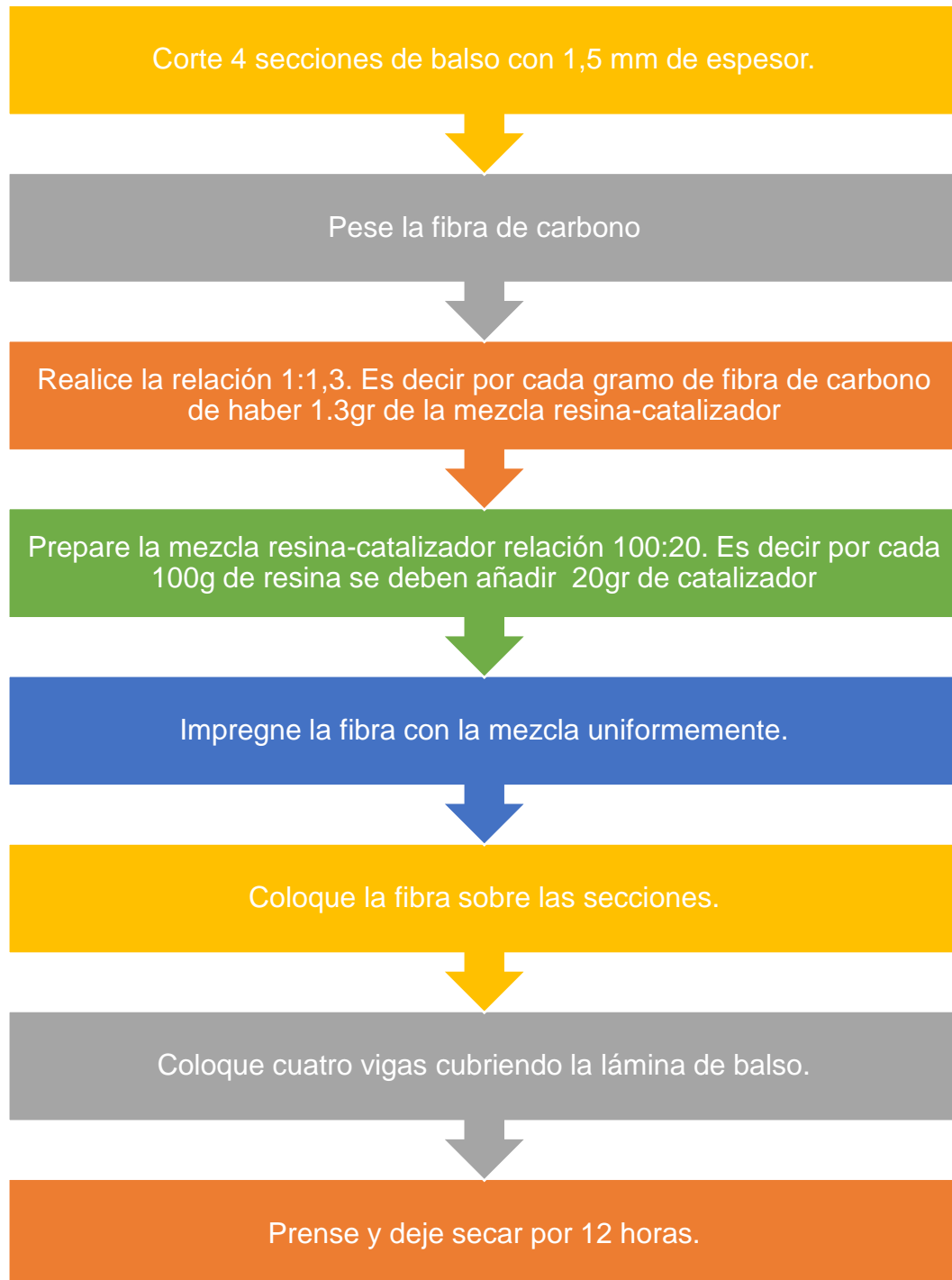


Fuente: Autores

- Ensamble estructuras en “C” unión ala-tailbooms.

El ensamblaje las estructuras en c requiere de una persona.

Procedimiento 6. Ensamble estructuras en c



Fuente: autores

- Ensamble bancada del motor

El ensamblaje de la bancada requiere de una persona.

Procedimiento 7. Ensamble bancada motor.



Fuente: Autores

- Fabricación de las piezas principales

Para fabricar las piezas de la aeronave diríjase al Diseño detallado y construcción de la aeronave VANT SOLVENDUS.

Tenga en cuenta la orden de los materiales e insumos utilizados en un vacío

Figura 4. Proceso de vacío



Fuente: Autores

#### 6.5.4 Controles De Vuelo

La información de controles de vuelo se obtuvo por medio de una revisión visual a la aeronave, obteniendo la siguiente información.

La aeronave VANT- SOLVENDUS posee dos alerones montados en el ala de la aeronave y unidos por medio de bisagras del alto torque, un timón de profundidad incorporado al estabilizador horizontal unido por bisagras de alto torque, dos timones de cola montados sobre los estabilizadores verticales unidos por bisagras. Todas las superficies de control están conectadas a servo-contróles que transforman la energía eléctrica en energía mecánica.<sup>33</sup>

#### 6.5.5 Asistencia En Tierra

La asistencia en tierra son todas las actividades que son apoyadas al explotador cuando la aeronave se encuentra en tierra como esta lo indica, la aeronave VANT SOLVENDUS no necesita de todos los servicios en tierra existentes, ya que es un UAV que no transporta pasajeros, no tiene carga, no tiene encendido por APU

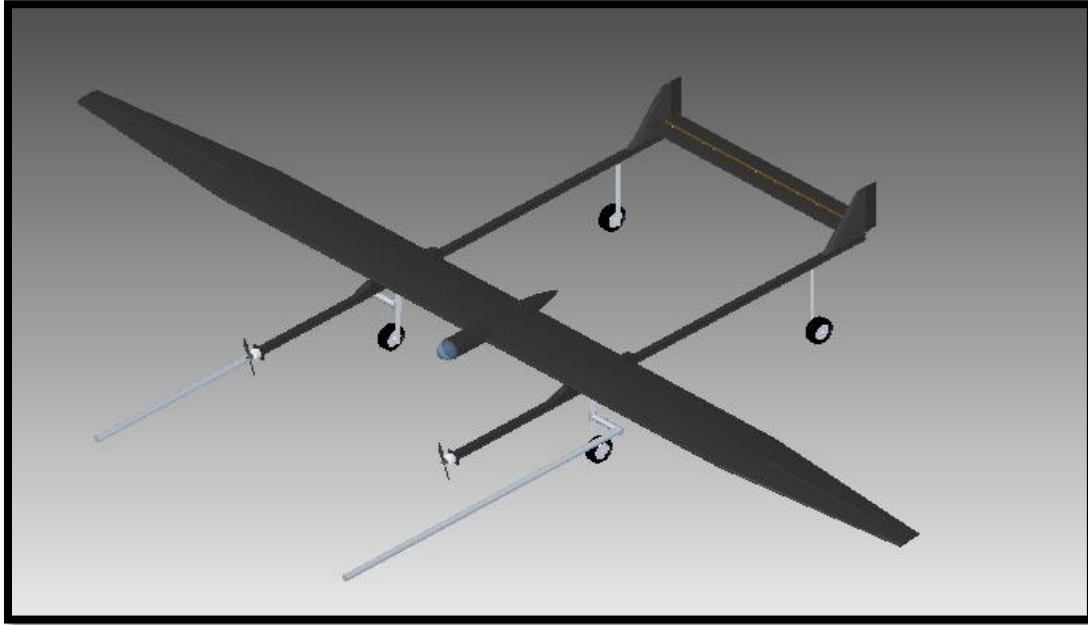
<sup>33</sup> Ariza c. Johan; figueredo c. David ; hernandes c. Jesica, *diseño detallado y construcción de la aeronave vant solvendus*, Bogotá d.c., Bogotá d.c., 2014

(Auxiliar Power Unit), no tiene remoción de fluidos por lo que se definen tres grandes asistencias en tierra que necesita.

- Remolque.

La aeronave por su peso liviano puede ser remolcada por dos barras aseguradas a los trenes de aterrizaje de la parte delantera de la aeronave que son movidas por personas.

Imagen 9. Barras de remolque



Fuente: Autores

No exceder en fuerza al mover la aeronave, asegurar que las ruedas no estén bloqueadas.

- Carreteo.

Es el movimiento hacia adelante que la aeronave realiza por sus propios medios, en el cual puede recibir corrientes de aire, y el operador debe contrarrestar por

medio de movimientos de las superficies de control para maniobrar la aeronave.<sup>34</sup> Para completar la información al MVA (Anexo 2).

- Parqueo.

La aeronave VANT- SOLVENDUS, está diseñada para ser guardada luego de su operación en un cajón, preferiblemente mantenerlo en un lugar fresco, libre de humedad y de los rayos del sol. Si el operador desea mantener la aeronave armada, preferiblemente apárquela dentro de un hangar, donde se regule la temperatura, tenga buena ventilación, baja humedad; en caso de que la aeronave no se parque en un hangar colocar un manto protector sobre la misma. Previamente se debe de atar la aeronave al suelo con el fin de que los vientos no la muevan.

- Atar.

Cuando la aeronave esta aparcada, ate esta al suelo de la siguiente manera, extienda un cable desde cada punto donde se colocan las barras de remolque en los trenes de aterrizaje delanteros y asegure estos a los puntos dispuestos en el suelo del hangar. Para asegurar la aeronave en la parte trasera, los trenes de aterrizaje traseros tienen dispuestos dos huecos para colocar un cable y este asegurarlo al suelo.

Se debe tener en cuenta:

- ✚ Si la aeronave estará más de 2 días estacionada se debe de colocar protectores sobre las hélices.
- ✚ Se deben colocar las cuñas en la ruedas.
- ✚ Se debe de bloquear las superficies de control de la aeronave

Asegurar de que no haya escombros en un radio de 20 m desde el centro de la aeronave.

- Levantar.

La aeronave no tiene puntos de levantamiento.

---

<sup>34</sup> FAA. (6 de Junio de 2004). *airplane handbook*. Obtenido de handbooks manualS: [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aircraft/airplane\\_handbook/media/faa-h-8083-3a-2of7.pdf](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/airplane_handbook/media/faa-h-8083-3a-2of7.pdf)



- Puntales

Para realizar labores de mantenimiento sobre la aeronave se aconseja trabajar sobre los jigs, fabricados por la Fundación Universitaria Los Libertadores, información que se puede encontrar en el proyecto de grado “DISEÑO DETALLADO Y CONSTRUCCIÓN DE LA AERONAVE VANT SOLVENDUS”.<sup>35</sup>

Un problema que se presenta al descansar la aeronave sobre los jigs, es que los Tailbooms quedan sin soporte y generan momento a la aeronave, por lo que se diseñó en Solid Edge el soporte para colocarle a los Tailbooms, los cuales deben estar descansando sobre una superficie plana, la altura de la superficie depende de la altura a la que se hayan colocado los jigs.

Imagen 10. Soporte tailboom



Fuente: Autores

### 6.5.6 Límites de la aeronave

- Límites de peso operacional.

Son aquellos pesos autorizados por el fabricante para cada parte de la misión.

---

<sup>35</sup> Ariza c. Johan; figueredo c. David ; hernandes c. Jesica, *diseño detallado y construcción de la aeronave vant solvendus*, Bogotá d.c., Bogotá d.c., 2014

Durante la misión de la aeronave VANT- SOLVENDUS el peso se mantiene constante, que es igual al peso básico de 15 Kg.

- Límites de centro de gravedad.





Es el rango en el cual se ubicara el centro de gravedad de la aeronave, como el VANT SOLVENDUS no varía el peso su CG, estará ubicado siempre a 1233,36 mm del Datum line.

- Límites de maniobra.



El VANT SOLVENDUS es una aeronave de reconocimiento visual por lo que no son aprobados los vuelos acrobáticos.

- Límites de factor de carga de vuelo.

Son valores máximos de carga que puede resistir la aeronave, es un parámetro muy importante de diseño, como lo son las siguientes velocidades.

-   $V_S$ .
-   $V_C$ .
-   $V_D$ .
-   $V_A$ .

Los valores de las dos primeras velocidades son:<sup>36</sup>

-   $V_S = 10,86 \text{ m/s}$
-   $V_C = 35 \text{ m/s}$

Las dos siguientes velocidades se calcularon bajo el Reglamento Aeronáutico Federal 23 de los Estados Unidos, en el párrafo 23-335.

$V_D$ .

Para calcular  $V_D$  el reglamento federal dice que debe ser 1,25 veces más grande que  $V_C$ , por lo tanto.

$$V_D = 1.25 V_C \quad (1)$$

---

<sup>36</sup> Ibid., Herrera, Silva, Téllez. Pag21

$$V_D = 1.25 * 35 \frac{m}{s} \quad (2)$$

$$V_D = 43,75 \frac{m}{s} \quad (3)$$

$V_A$

Para calcular  $V_A$ , se tomó la ecuación del libro Airplane Design de Jan Roskam, la cual indica que es igual a la velocidad de pérdida por la raíz cuadrada del factor límite.

$$V_A = V_S * \sqrt{n_{lim}} \quad (4)$$

Para calcular el factor límite de carga, se tomó la ecuación del libro Airplane Design de Jan Roskam.

$$n_{lim} = 2,1 + \left( \frac{24000}{GW + 10000} \right) \quad (5)$$

$$n_{lim} = 2,1 + \left( \frac{24000}{15 Kg + 10000} \right) \quad (6)$$

$$n_{lim} = 4,49 \quad (7)$$

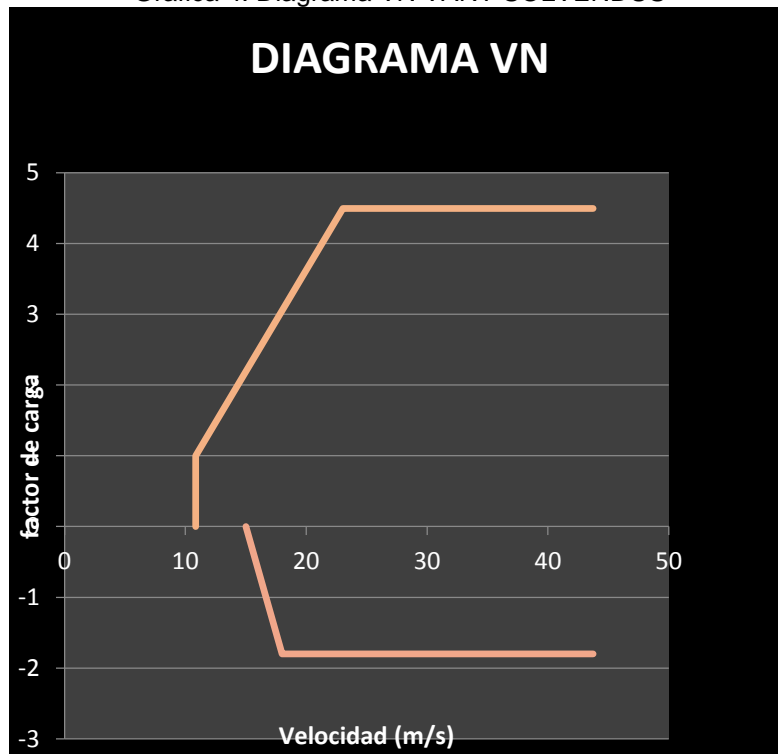
Se realiza el cálculo de la velocidad de maniobra y da como resultado.

$$V_A = 10,86 \frac{m}{s} * \sqrt{4,49} \quad (8)$$

$$V_A = 23,028 \frac{m}{s} \quad (9)$$

Con los datos obtenidos se construyó el diagrama V-N para la aeronave VANT SOLVENDUS.

Grafica 4. Diagrama VN VANT SOLVENDUS



Fuente: Autores

Por lo tanto Los factores de carga para la aeronave VANT SOLVENDUS son:

Positivo → 4,49

Negativo → -1,79, valor de diseño para aeronaves categoría normal.

- Limitaciones de vuelo.

EL VANT SOLVENDUS es una aeronave tipo UAS operada por radio control, se opera bajo VFR y VMC. EL VANT SOLVENDUS no se puede operar en presencia de lluvia

No se debe exceder la altura de operación de la aeronave que es 9500ft

## 6.6 MOTOR

Este capítulo del AMM contiene las especificaciones del motor, como se opera, dimensiones del motor y una descripción de cómo se realiza el mantenimiento, todo es sustentado bajo la ficha técnica del fabricante del motor.

### 6.6.1 Introducción del capítulo

Este capítulo del AMM contiene los datos necesarios para que el operador conozca las características del motor, como se opera, de qué manera se controla el motor y sus especificaciones como lo son el mantenimiento y el plano del motor.

### 6.6.2 Especificaciones

La aeronave VANT SOLVENDUS es propulsada por dos motores eléctricos referencia AXI 5345/16 HD Gold line, seleccionado ya que su alta potencia con bajo consumo de electricidad hace un motor eficiente para la aeronave. Las especificaciones generales del motor son:<sup>37</sup>

Tabla 15, Especificaciones motor

<b>Nº de células</b>	<b>8-12 Li-Poly</b>
<b>RPM / V</b>	195 RPM / V
<b>Max. eficiencia</b>	94%
<b>Max. eficiencia actual</b>	30-75 A (> 85%)
<b>Sin corriente de carga / 30 V</b>	2,1 A
<b>Capacidad actual</b>	90 A / 20 s
<b>Resistencia interna</b>	34 mohmios
<b>Dimensiones (diámetro. X largo)</b>	63x81 mm
<b>Diámetro del eje</b>	8 mm
<b>Peso con cables</b>	995 g

Fuente: Autores

### 6.6.3 Controles del motor

Las revoluciones del motor son controladas por RC el cual envía la señal por ondas electromagnéticas al receptor, y este a su vez envía la información al control de velocidad el cual sirve como potenciómetro, y finalmente la energía se transmite al motor.

<sup>37</sup> <http://www.modelmotors.cz/index.php?page=61&product=5345%20HD&serie=16&line=GOLD>



#### 6.6.5 Mantenimiento del motor.

No se encontró información por parte del fabricante correspondiente a como ejecutar el mantenimiento al motor, por lo tanto si el mismo presenta daño se debe de desmontar y contactar a un especialista en motores eléctricos sin escobillas. De la misma manera el motor debe de ser cuidado por parte del operador y por eso se debe realizar inspección visual que garantiza antes del vuelo que el motor se encuentre operando correctamente, si el motor tiene fallas superficiales como grietas puede conllevar a la ruptura del carenado en vuelo, si se encuentra obstruida la hélice es signo de que algún objeto la está bloqueando, por lo tanto se debe inspeccionar la sujeción de los cables ya que en vuelo se pueden desconectar conllevando a que el motor se apague, si la unión entre la hélice y el eje esta suelta es peligroso ya que puede salirse del eje y afectar a las personas u objetos que se encuentran alrededor y también la aeronave perdería el empuje, al igual hay que inspeccionar la bancada en busca de grietas superficiales debido a que las cargas que esta enfrenta en vuelo son de gran magnitud que pueden generar ruptura y a su vez un accidente.

Las tareas definidas como inspección del motor se pueden observar en el anexo 1 (MMA) en el capítulo 2.

## 6.7 HÉLICE

Este capítulo del AMM contiene las especificaciones de la hélice, como se balancea, dimensiones y el procedimiento de reparación en caso de presentarse un daño.

### 6.7.1 Introducción del capítulo

Este capítulo del AMM contiene los datos necesarios para que el operador conozca las características del motor, como se opera, de qué manera se controla el motor y sus especificaciones como lo son el mantenimiento y el plano del motor.

La hélice de la aeronave es de referencia XOASR 2210. Está construida en resina epoxi con un laminado de fibra de carbono tipo esqueleto.<sup>38</sup>

### 6.7.2 Especificaciones

Tabla 16. Especificaciones de la hélice

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Numero de hélices	2
Palas	2
Diámetro.	22 in
Pitch	1 in
Diámetro del agujero	10mm
Peso	135g
Diámetro del eje	8 mm
Peso con cables	995 g

Fuente: Autores

### 6.7.3 Reparaciones de la hélice

- Reparación por daños.

La aparición de fallas causadas por cargas a la que tiene que verse enfrentadas las hélices.

Por consecuencia de impactos o aspectos ambientales.

La fabricación de la hélice está hecha en materiales compuestos por lo que se puede reparar como esta descrito en el numeral 6.8.2.

---

<sup>38</sup> <http://www3.towerhobbies.com/cgi-bin/wti0001p?&I=LXZHY9&P=M>



- Balanceo de la hélice

El balanceo correcto de las hélices no permite que se generen vibraciones en los componentes del avión principalmente en los motores, lo que conlleva a la disminución de la vida útil del componente, y de que la aeronave no genere ruido excesivo. Por lo tanto la hélice se balancea de dos maneras.<sup>39</sup>

-  Estáticamente
-  Dinámicamente.

Para realizar los dos balanceos es necesario de tener un balanceador de hélice, es un objeto en el cual se coloca la hélice y se realizan las pruebas para determinar hacia qué lado tira la hélice lo que corresponde al balanceo de la misma.

En este trabajo se propone que el operador fabrique el balanceador, bajo el diseño observable en el anexo 1 (MMA).

Para realizar el balanceo completo de la hélice primero se balancea de forma estática y previamente de manera dinámica.

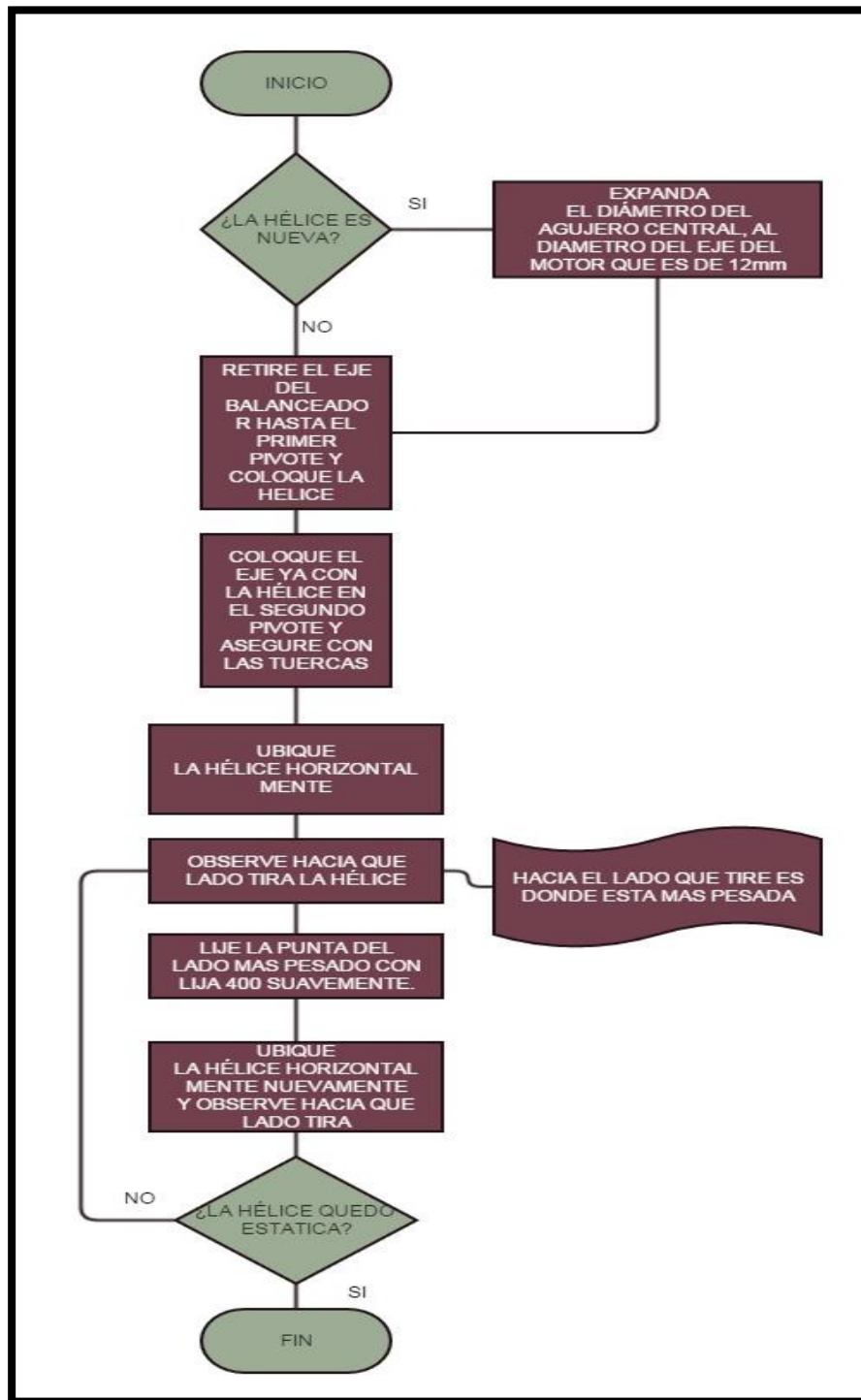
#### **6.7.3.1.1 Balanceo Estático**

El balanceo de la hélice estáticamente, indica Horizontalmente si la hélice se encuentra más pesada en un lado, por lo tanto para realizar el balanceo se debe seguir el siguiente procedimiento.

---

<sup>39</sup> <http://www.aeromodelismohuyhuyhuy.com/files/Las-Helices.pdf>

## Procedimiento 8. Balanceo Estático

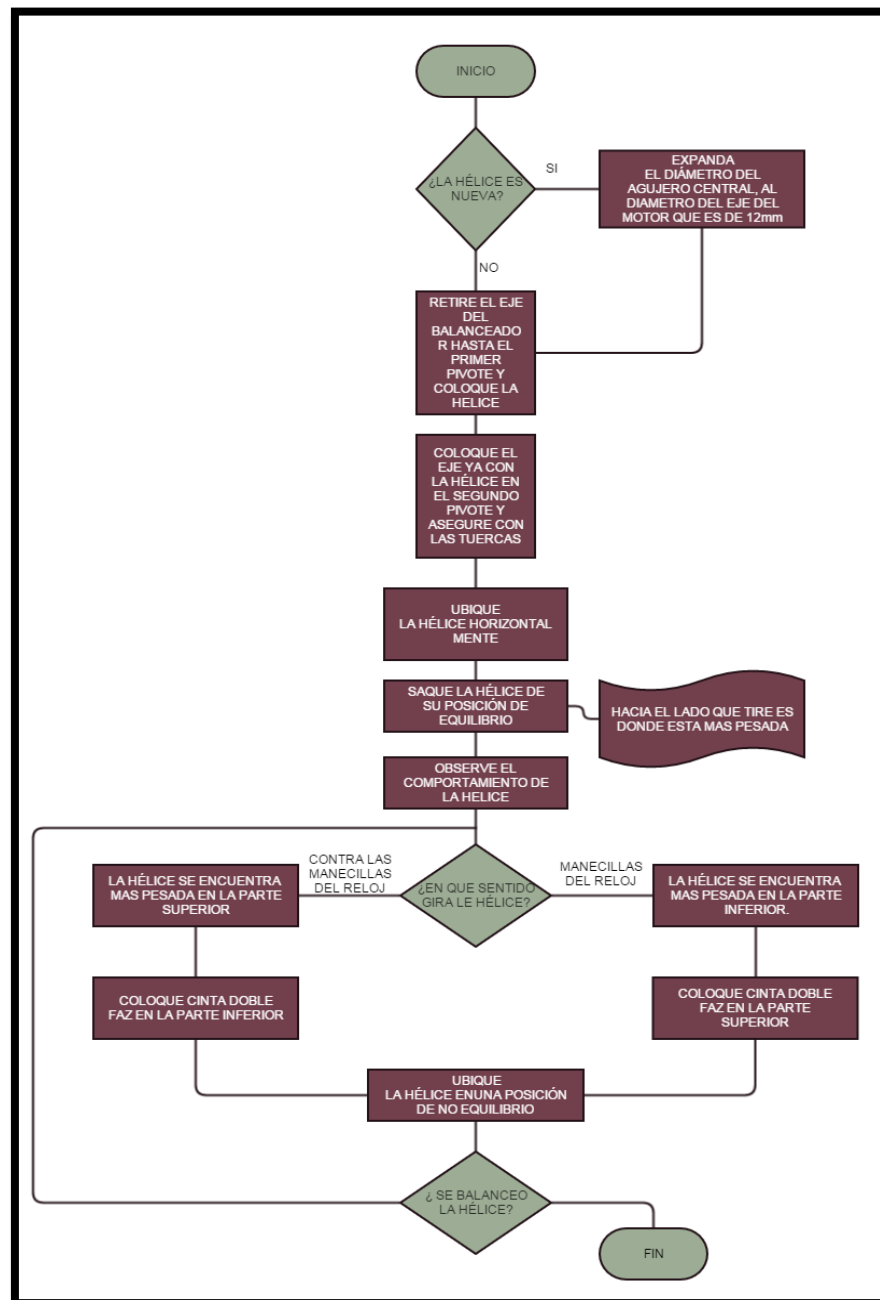


Fuente: Autores

#### 6.7.3.1.2 Balanceo dinámico.

El balanceo de la hélice dinámicamente, indica verticalmente si la hélice se encuentra más pesada en un lado, por lo tanto para realizar el balanceo se debe seguir el siguiente procedimiento.

Procedimiento 9. Balanceo Dinámico



Fuente: Autores

## 6.8 REPARACIONES

La aeronave VANT SOLVENDUS puede necesitar reparaciones en los materiales compuestos a causa de:<sup>40</sup>

- ✚ Aparición de fallas causadas por cargas a la que tiene que verse enfrentados los componentes.
- ✚ Por consecuencia de impactos o aspectos ambientales.

El fin de la reparación es retornar el componente a operación, asegurando su correcto funcionamiento.

Al presentarse un daño en los componentes de la aeronave hay que determinar si pueden ser reparados o si por el contrario hay que remplazarlo. Criterios que el operador debe tener en cuenta del funcionamiento del componente son:

- ✚ Resistencia
- ✚ Rigidez
- ✚ Estabilidad.

Si el daño no afecta la estructura, es necesario que se evalúe el aspecto del daño, los cuales son:

- ✚ Agrietamiento de la matriz
- ✚ Pequeñas deslaminaciones

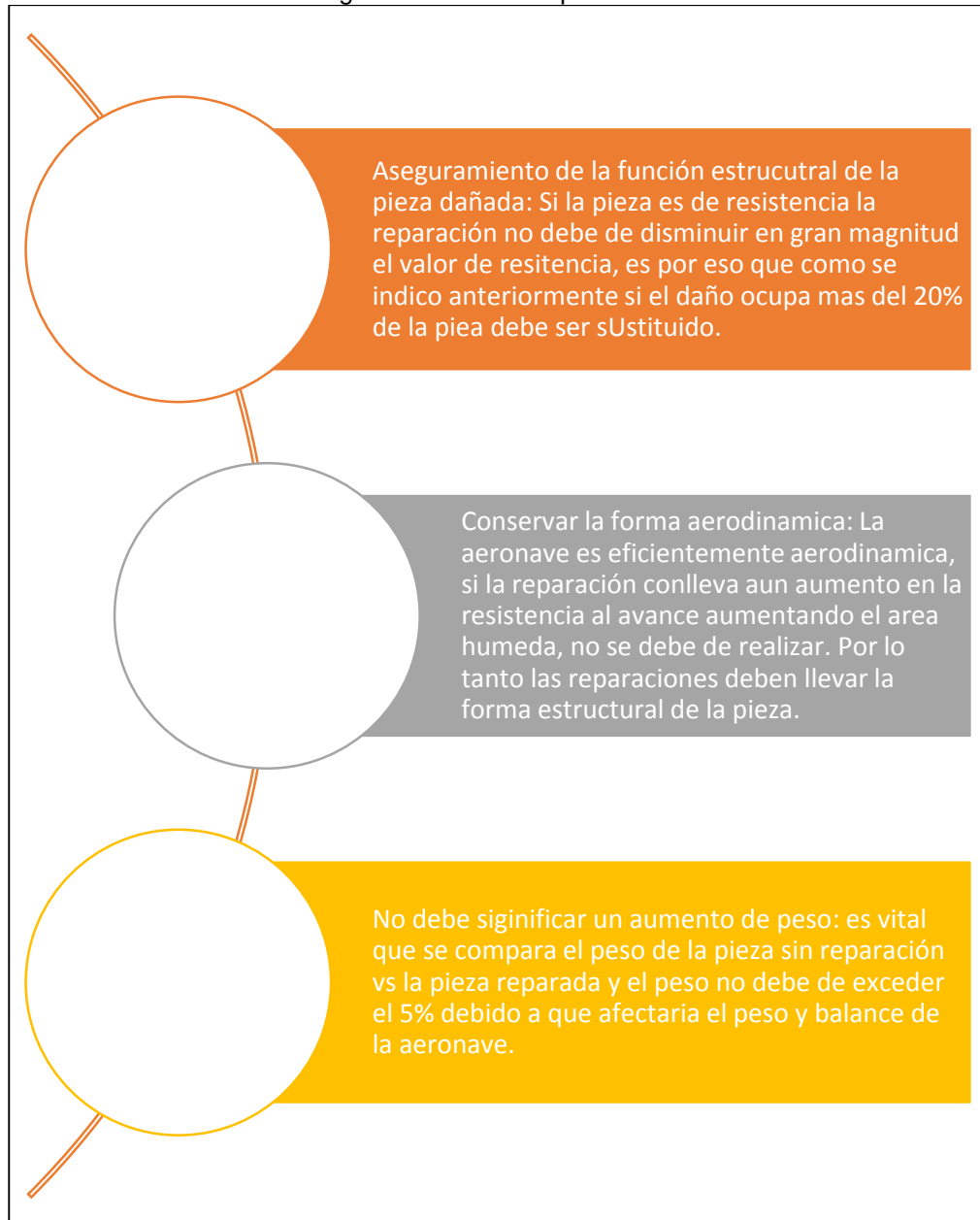
Debido a que el componente seguirá operando bajo las cargas normales y el daño puede crecer ocasionando daños estructurales.

Existen dos tipos de reparaciones según el libro Materiales Compuestos de Antonio Miravete, las que necesitan de reparaciones por ser un daño grave y las reparaciones no graves que no necesitan de parche. Diríjase a la figura 13 donde se explica las observaciones más relevantes para realizar una reparación.

---

<sup>40</sup> Miravete, A. (2003). Materiales compuestos, Volumen 1. En A. Miravete, *Materiales compuestos, Volumen 1* (págs. 1035-1040). Zaragoza: Reverté

Figura 5. Notas de reparación



Fuente: Autores

### 6.8.1 Introducción del capítulo

Este capítulo contiene el paso a paso para realizar una reparación en las piezas de la aeronave, los tipos de insumos y los diferentes métodos de reparación.

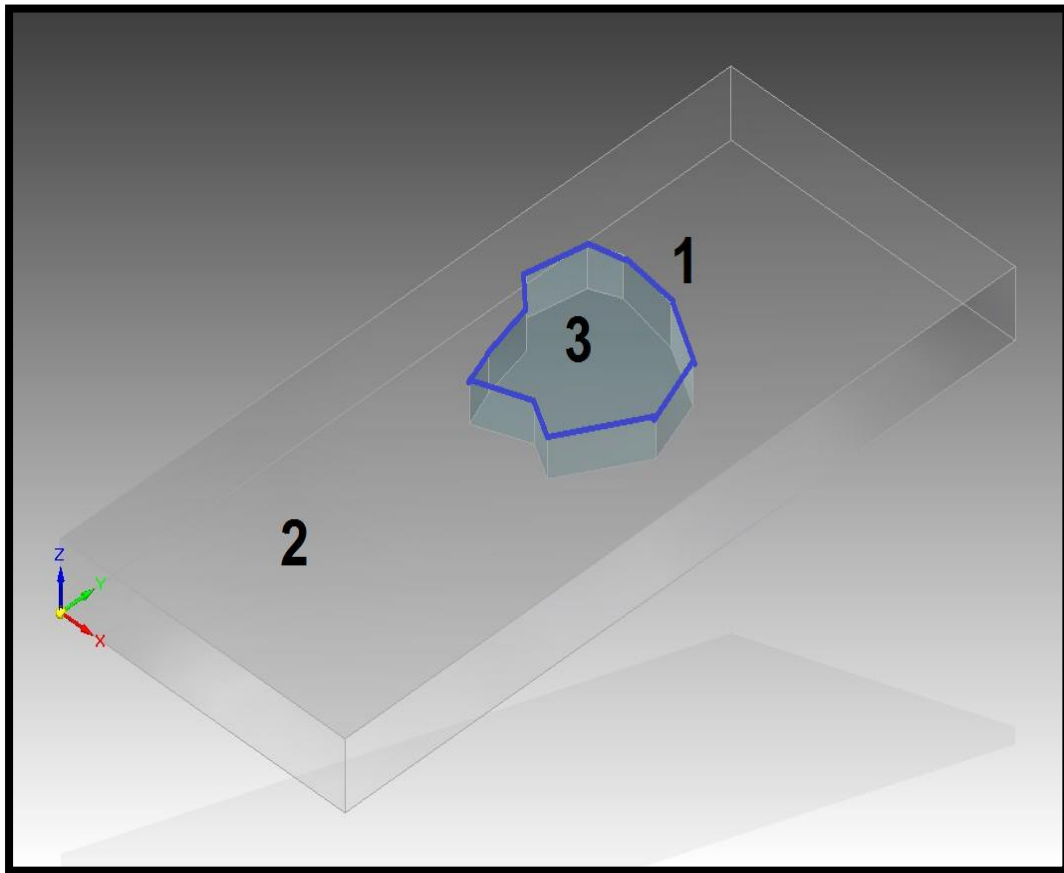
## 6.8.2 Reparaciones en materiales compuestos

### ▪ Reparaciones sin parche

Las reparaciones sin parches son empleadas en daños menores y se realizan mediante<sup>41</sup> las siguientes dos formas

- Rellenado o inyección de resina.
- Fusión de resina termoplástica.

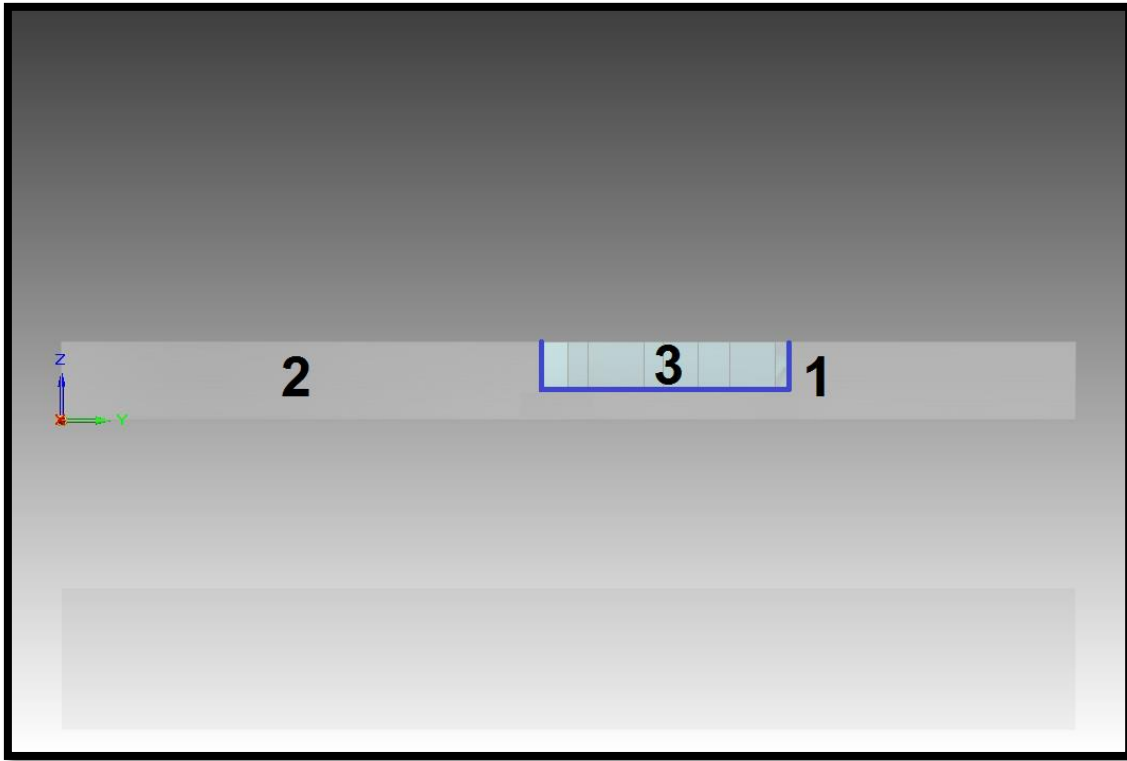
Figura 6. Fusión de resina termoplástica



Fuente: Autores

<sup>41</sup> Miravete, A. (2003). Materiales compuestos, Volumen 1. En A. Miravete, *Materiales compuestos, Volumen 1* (págs. 1035-1040). Zaragoza: Reverté

Figura 7. Fusión de resina termoplástica #2



Fuente: Autores

Tabla 17. Convenciones figura 8

CONVENCIONES	SIGNIFICADO
1	DAÑO
2	PIEZA
3	REPARACIÓN CON RESINA

Fuente: Autores

El insumo principal que se necesita para la reparación es la resina epoxi Colrepox 6090.<sup>42</sup>

Para llevar a cabo una reparación por medio de fusión de resina termoplástica se debe realizar el siguiente procedimiento.

<sup>42</sup> Miravete, A. (2003). Materiales compuestos, Volumen 1. En A. Miravete, *Materiales compuestos, Volumen 1* (págs. 1035-1040). Zaragoza: Reverté

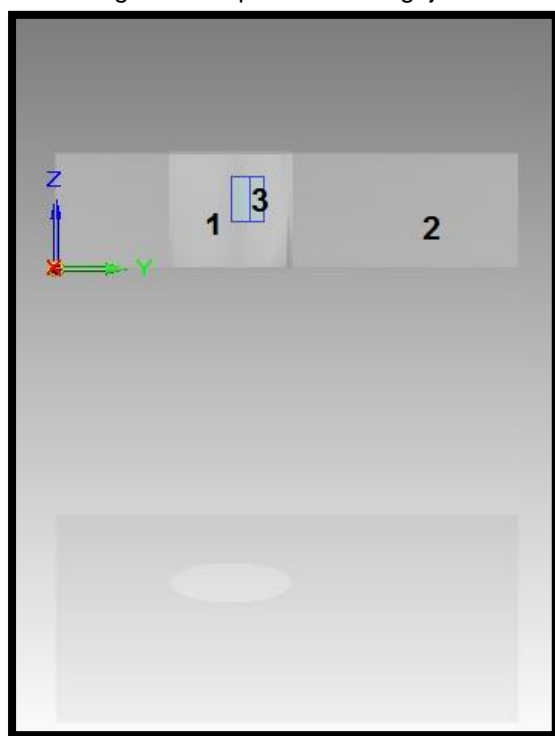
### Procedimiento 10. Reparación sin parche



Fuente: Autores



Figura 8. Reparación en agujeros



Fuente: Autores

Tabla 18. Convenciones figura 9

CONVENCIONES	SIGNIFICADO
1	AGUJERO
2	PIEZA
3	REPARACIÓN CON RESINA

Fuente: Autores

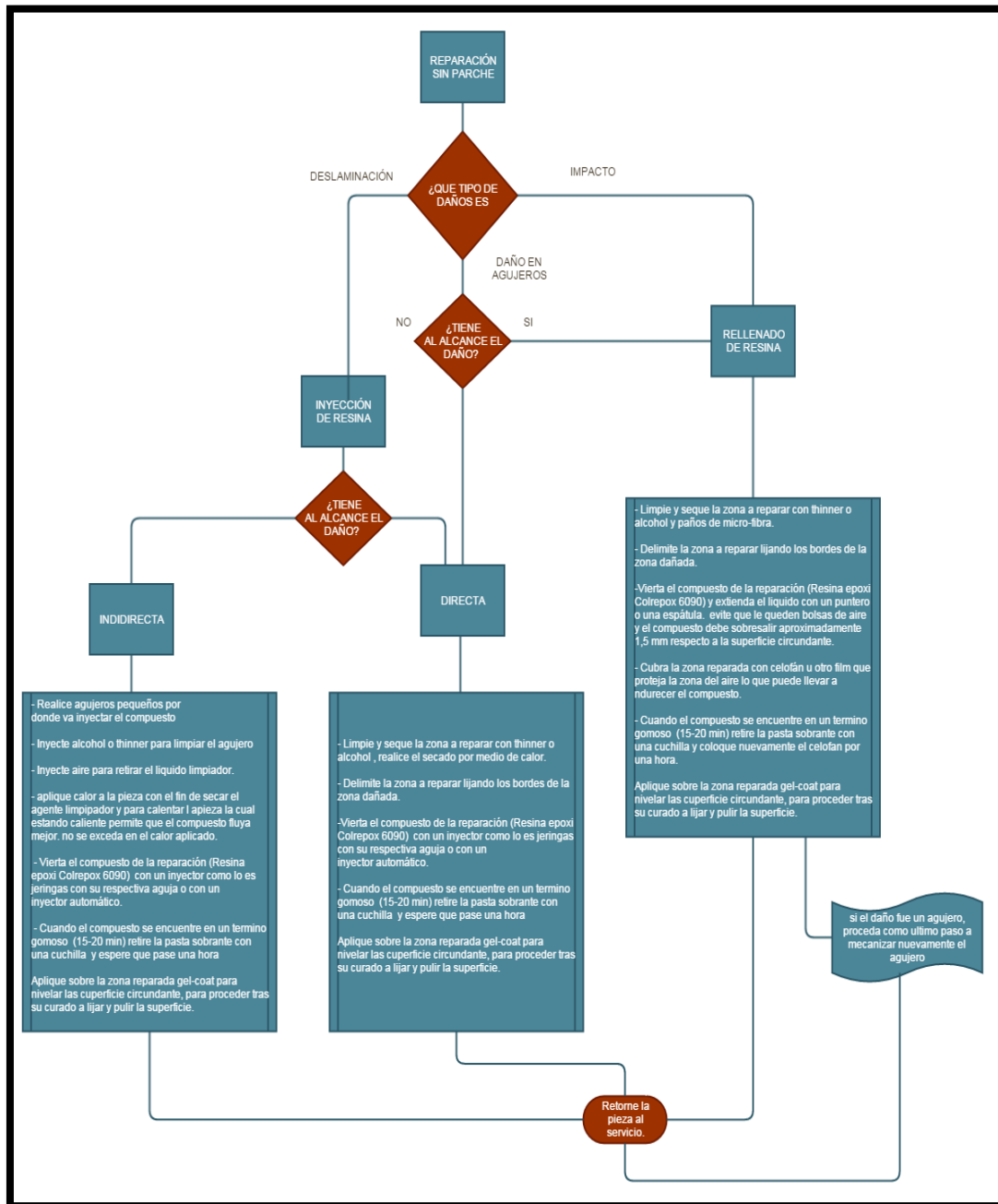
Si se presenta deslaminación en el material se puede realizar la reparación por medio de inyección de resina, teniendo en cuenta los siguientes parámetros.<sup>43</sup>

- ✚ Si la deslaminación es consecuencia de malos procesos de fabricación no se puede realizar la reparación. Ya que las superficies no presentan características de adherencia y no sirve de nada la inyección.
- ✚ Si no es accesible la deslaminación se deben de abrir unos pequeños agujeros por donde se realizara la inyección de la resina
- ✚ Si se observa que la resina, debe de calentarse la pieza para garantizar que fluya correctamente.

<sup>43</sup> Miravete, A. (2003). Materiales compuestos, Volumen 1. En A. Miravete, *Materiales compuestos, Volumen 1* (págs. 1035-1040). Zaragoza: Reverté

Para llevar a cabo una reparación sin parche se debe realizar el siguiente procedimiento.

#### Procedimiento 11. Reparación sin parche



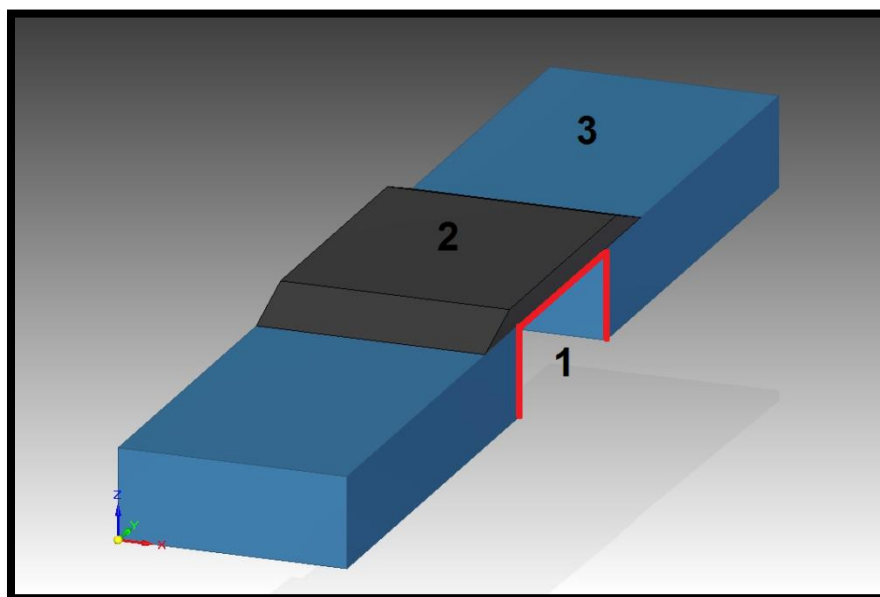
Fuente: Autores

#### ■ Reparaciones con parche

Las reparaciones con parche son utilizadas en reparaciones mayores y se realizan mediante un retal del mismo material en la misma dirección en la que está fabricada

la pieza. Este tipo de reparación es útil ya que rescata el camino de la carga en la estructura:<sup>44</sup>

Figura 9. Reparación por parche adhesivo



Fuente: Autores

Tabla 19. Convenciones figura 10

CONVENCIONES	SIGNIFICADO
1	DAÑO
2	PARCHE DE REPARACIÓN
3	PIEZA

Fuente: Autores

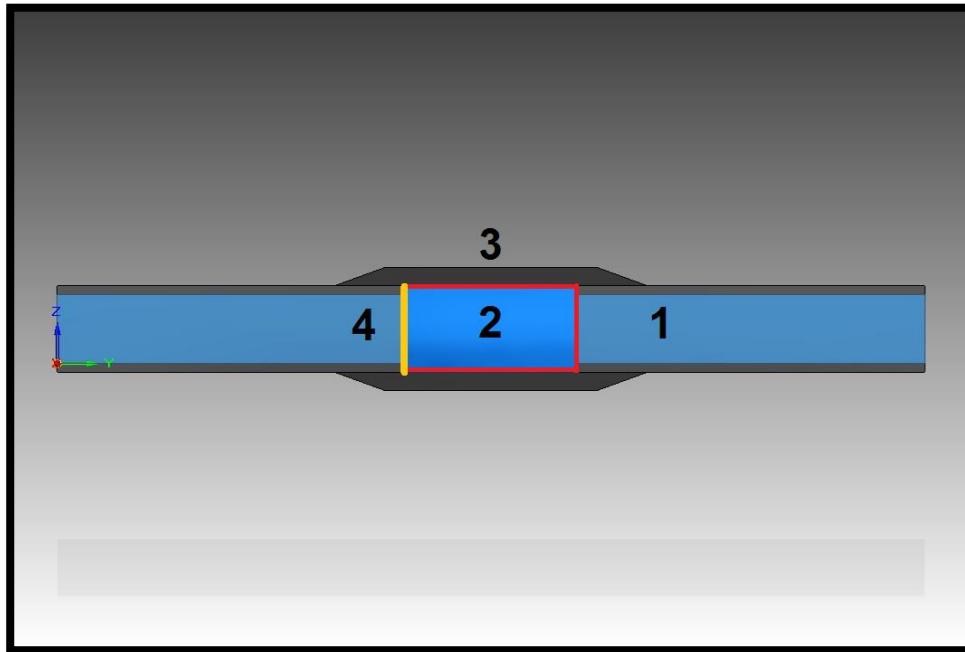
La reparación con parche consta de un parche externo, el cual mantiene las propiedades mecánicas del material y puede ser utilizado para laminados hasta de 2mm de espesor.<sup>45</sup>

Si el daño fue estructural en una pieza tipo sándwich como las costillas del ala, la reparación puede realizarse mediante adhesivo, donde se colocan parches estructurales en ambos costados de la pieza con un inserto del mismo material del núcleo.

<sup>44</sup> Miravete, A. (2003). Materiales compuestos, Volumen 1. En A. Miravete, *Materiales compuestos, Volumen 1* (págs. 1035-1040). Zaragoza: Reverté

<sup>45</sup> Miravete, A. (2003). Materiales compuestos, Volumen 1. En A. Miravete, *Materiales compuestos, Volumen 1* (págs. 1035-1040). Zaragoza: Reverté

Figura 10.Reparación por parche



Fuente: Autores

Tabla 20. Convenciones figura 11

CONVENCIONES	SIGNIFICADO
1	PIEZA
2	NÚCLEO DE REPARACIÓN
3	PARCHES DE REPARACIÓN
4	ADHESIVO

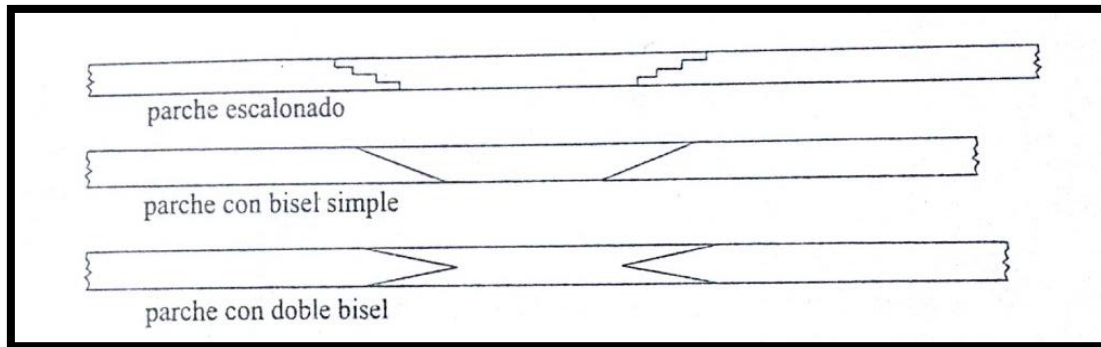
Fuente: Autores

El material que se utiliza en los parches es el mismo con el cual está construido en las piezas, el parche debe prepararse sobre la superficie de la pieza y curarse después con el adhesivo, el adhesivo es la resina epoxica colrepox 6090. Es escogido este método ya que el curado. Es importante que el parche este dirigido en la misma dirección en la cual fue construida la pieza.<sup>46</sup>

<sup>46</sup> Miravete, A. (2003). Materiales compuestos, Volumen 1. En A. Miravete, *Materiales compuestos, Volumen 1* (págs. 1035-1040). Zaragoza: Reverté

Si las piezas estructurales soportan demasiada carga, es necesario realizar parches a nivel tipo escalonado, bisel simple o sobre bisel, de manera que los esfuerzos de flexión y compresión que conllevan a cargas de pelado y pandeo respectivamente se resuelvan.

Figura 11. Reparación mediante adhesivo con parche a nivel



Fuente: Materiales compuestos, Volumen 1. En A. Miravete, *Materiales compuestos*, pag.1039

Factores importantes para parches a nivel.

- ✚ Tiempo utilizado para eliminar la humedad en el área de la reparación.
- ✚ Tiempo de eliminar el material dañado.
- ✚ Tiempo de preparación de la zona del parche.
- ✚ Angulo adecuado del bisel.

#### ▪ Unión mecánica.

Esta reparación requiere de dos elementos importantes el parche y las uniones mecánicas. Tipo de reparación utilizada en los siguientes casos:

Laminados gruesos, en que no puede ser utilizado el adhesivo ya que sufriría esfuerzos cortantes de mayor magnitud en valor al estimado para el material.

En casos particulares donde no se puede utilizar adhesivo (Resina epoxica). A causa de la adherencia del mismo a la pieza.<sup>47</sup>

Existen dos tipos de reparación mecánica.

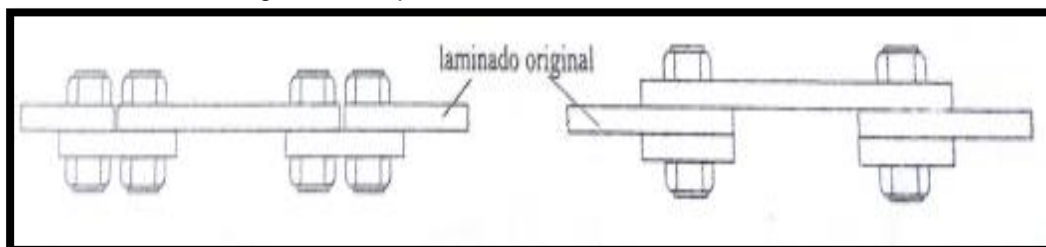
<sup>47</sup> Miravete, A. (2003). Materiales compuestos, Volumen 1. En A. Miravete, *Materiales compuestos, Volumen 1* (págs. 1035-1040). Zaragoza: Reverté

Figura 12. Tipo de reparaciones con unión mecánica



Fuente: Autores

Figura 13. Reparaciones mediante unión mecánica



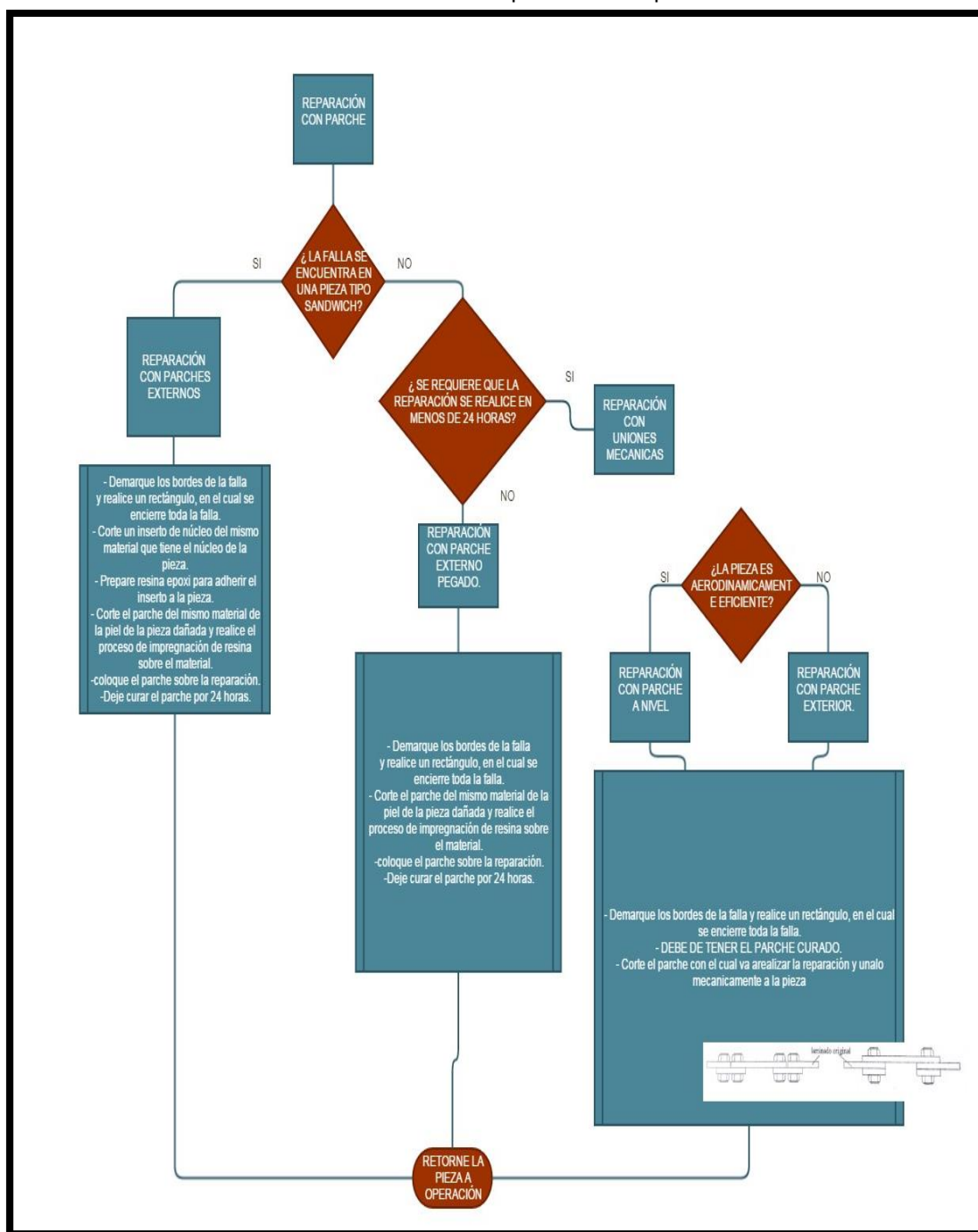
Fuente: Materiales compuestos, Volumen 1. En A. Miravete, *Materiales compuestos*, pag. 1039

Las reparaciones por unión mecánica no son aplicables a piezas que estén fabricadas como estructura tipo sándwich.

La unión mecánica tiene una importante ventaja en un daño por des laminación ya que frena a esta por la compresión que se ejerce. La desventaja en comparación a los otros tipos de reparación es el peso de las uniones mecánica.<sup>48</sup>

<sup>48</sup> Miravete, A. (2003). Materiales compuestos, Volumen 1. En A. Miravete, *Materiales compuestos, Volumen 1* (págs. 1035-1040). Zaragoza: Reverté

## Procedimiento 12. Reparación con parche



Fuente: Autores

### 6.8.3 Reparaciones en piezas de madera y metal.

Para reparar las piezas fabricadas en madera y metal de la aeronave se puede realizar con el método de reparación sin parche.

## 6.9 SISTEMAS

Los sistemas básicos son aquellos que utiliza la aeronave para llevar a cabo la misión, en este capítulo se habla de la infraestructura de cada sistema, acompañada de la explicación del sistema y del mantenimiento que realiza.

### 6.9.1 Introducción del capítulo

En esta sección se describe cada uno de los sistemas utilizados por la aeronave, con una descripción de los mismos y que tipo de mantenimiento y procedimientos se realiza a cada uno de ellos.

### 6.9.2 Controles de vuelo

- Mantenimiento del sistema

Si se presenta fallas en el sistema, el operador debe de ubicar el componente que está fallando y remplazarlos, es considerado este sistema tipo LRU (Line Replaceable Unit)

- Control de cabeceo.

El movimiento del timón de profundidad es realizado por un servocontrol, ubicados en la parte inferior del estabilizador horizontal, del servo control sale una varilla que transmite el movimiento generado hacia un cuerno ubicado en la parte central del timón de profundidad.

El RC envía la señal que es recibida por el receptor y este a su vez envía la información al speed control, el cual es el encargado de variar la energía que necesita el servo control

- Control de guiñada

El movimiento de los timones de cola es realizado por un servocontrol en cada timón, ubicados sobre la cara interior de cada estabilizador vertical, del servo control sale una varilla que transmite el movimiento generado hacia un cuerno ubicado en la parte superior del timón de cola.

El RC envía la señal que es recibida por el receptor y este a su vez envía la información al speed control, el cual es el encargado de variar la energía que necesita el servo control.

- Control de alabeo

El movimiento de los alerones es realizado por un servocontrol en cada alerón, ubicados en la parte interna del ala, del servo control sale una barra que transmite



el movimiento generado hacia un cuerno ubicado en la parte central del timón de profundidad.

El RC envía la señal que es recibida por el receptor y este a su vez envía la información al control de velocidad, el cual es el encargado de variar la energía que necesita el servo control.

#### 6.9.3 Sistema de telemetría

Este sistema es el responsable de la comunicación entre la estación en tierra y la aeronave en vuelo, por lo que está compuesto con dos módulos diferentes, cada uno con sus respectivas antenas (Tx y Rx), se debe tener en cuenta la selección de la frecuencia más adecuada, con el fin de enlazar la comunicación entre los dos módulos. Ya que se puede presentar interferencia, o violar una frecuencia privada. Gracias a este sistema se podrá conocer la posición de la aeronave y él envió de datos desde la estación en tierra.<sup>49</sup>

- Mantenimiento del sistema

Si se presenta fallas en el sistema, el operador debe de ubicar el componente que está fallando y remplazarlos, es considerado este sistema tipo LRU.

#### 6.9.4 Sistema de comunicaciones

El sistema de comunicaciones se basa en los dispositivos Crius mavlink-OSD que es el sistema que permite controlar en tierra y mediante el uso de un software de video, tener lectura en tiempo real de la posición, velocidad, altura, actitud de vuelo y video en tiempo real de la aeronave. El segundo sistema es el Crius power module es el sistema que permite controlar en tierra el nivel de carga, voltaje, corriente y eficiencia de las baterías de la aeronave.

Este sistema tiene conexión de la Gopro Hero que es la cámara de video, la cual envía la información al ardupilot.

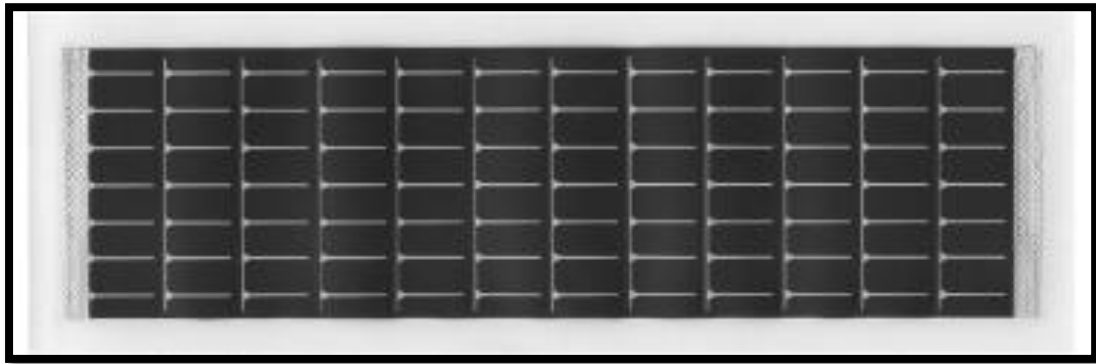
#### 6.9.5 Sistema De Celdas Fotovoltaicas

En este capítulo del manual se habla de la fuente principal de energía de la aeronave, el cual es un sistema de celdas fotovoltaicas encargadas de tomar la energía solar y convertirla en energía eléctrica.

---

<sup>49</sup> Charry, A. R. (9 de Enero de 2016). Optimización y vuelos de prueba para la aeronave VANT SOLVENDUS. *Optimización y vuelos de prueba para la aeronave VANT SOLVENDUS*. Bogotá D.C, Bogotá D.C, Colombia: Anegla Rocio Charry.

Imagen 13. Celda solar de la aeronave



Fuente: 2013 FlexSolarCells

Las celdas fotovoltaicas de la aeronave son RC7.2-75 PSA, es una celda fotovoltaica que contiene un PSA (Pressure Sensitive Adhesive) en la parte trasera, el cual permite adherirse a la piel del ala muy bien. <sup>50</sup>

- Introducción del capítulo

Esta sección del AMM contiene los datos necesarios para que el operador instale y desinstale las celdas, contiene información de parámetros y características principales de las celdas.

- Parámetros de la celda

#### 6.9.5.1.1 Eléctricos<sup>51</sup>

Tabla 21. Parámetros eléctricos de las celdas

Parámetro	Valor	Unidad
Potencia	0,72	W
Voltaje	7,2	V
Voltaje(OC)	10,5	V
Corriente	100	mA
Corriente (SC)	120	mA

Fuente: Autores

<sup>50</sup> [http://www.celdassolaresflexibles.com/index\\_files/OEM\\_Components/Flex\\_Cells/pages/16-PowerFilm-Solar-Cell-Module-RC72-75-PSA.php](http://www.celdassolaresflexibles.com/index_files/OEM_Components/Flex_Cells/pages/16-PowerFilm-Solar-Cell-Module-RC72-75-PSA.php)

<sup>51</sup> [http://www.celdassolaresflexibles.com/index\\_files/OEM\\_Components/Flex\\_Cells/pages/16-PowerFilm-Solar-Cell-Module-RC72-75-PSA.php](http://www.celdassolaresflexibles.com/index_files/OEM_Components/Flex_Cells/pages/16-PowerFilm-Solar-Cell-Module-RC72-75-PSA.php)

### 6.9.5.1.2 Mecánicos<sup>52</sup>

Tabla 22. Parámetros mecánicos de las celdas

Parámetro	Valor	Unidad
Altura	0.2	mm
Longitud	90	mm
Ancho	270	mm
Tamaño de apertura	75-240	mm
Peso	7,6	g

Fuente: Autores

### 6.9.5.1.3 Operacional.

El comportamiento de las celdas depende de tres factores importantes:




-  Radiación solar
-  Tiempo de carga
-  Temperatura

Tabla 23. Estado del tiempo caracterización celdas

PRUEBA	TEMPERATURA AMBIENTE	HORA DEL DÍA	ESTADO DEL TIEMPO
PRUEBA 1	19°C - 20°C	2:00 p. m.	SOLEADO
PRUEBA 2	19°C - 20°C	2:15 p.m.	SOLEADO
PRUEBA 3	19°C - 20°C	2:30 p. m.	SOLEADO
PRUEBA 4	19°C - 20°C	2:45 p.m.	SOLEADO
PRUEBA 5	19°C - 20°C	3:00 p.m.	SOLEADO
PRUEBA 6	19°C - 20°C	3:15 p.m.	SOLEADO
PRUEBA 7	19°C - 20°C	3:30 p.m.	SOLEADO
PRUEBA 8	18°C - 19°C	3:45 p.m.	PARCIALMENTE NUBLADO
PRUEBA 9	18°C - 19°C	4:00 p.m.	PARCIALMENTE NUBLADO
PRUEBA 10	18°C - 19°C	4:15 p.m.	PARCIALMENTE NUBLADO

Fuente: Charry, A. R. (9 de Enero de 2016). Optimización y vuelos de prueba para la aeronave VANT SOLVENDUS. *Optimización y vuelos de prueba para la aeronave VANT SOLVENDUS*.

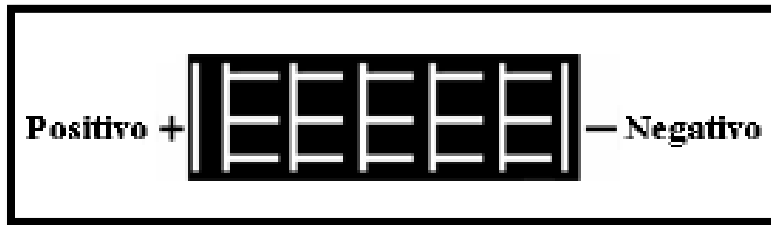
- Información principal de la celda

### 6.9.5.1.4 Polaridad de la celda.

La polaridad se puede observar en la imagen 34, donde se reconoce el lado positivo porque tiene en su costado izquierdo líneas paralelas.

<sup>52</sup> [http://www.celdassolaresflexibles.com/index\\_files/OEM\\_Components/Flex\\_Cells/pages/16-PowerFilm-Solar-Cell-Module-RC72-75-PSA.php](http://www.celdassolaresflexibles.com/index_files/OEM_Components/Flex_Cells/pages/16-PowerFilm-Solar-Cell-Module-RC72-75-PSA.php)

Imagen 14. Polaridad de las celdas



Fuente: [http://www.celdassolaresflexibles.com/index\\_files/OEM\\_Components/PowerFilm-Solar-OEM-Components-Instructions.php](http://www.celdassolaresflexibles.com/index_files/OEM_Components/PowerFilm-Solar-OEM-Components-Instructions.php)

#### 6.9.5.1.5 En las noches.

En las noches se debe de desconectar las celdas fotovoltaicas de la batería con el fin de que la corriente no circule de las celdas hacia las baterías.

#### 6.9.5.1.6 La conexión de la celda.

Se realiza mediante soldadura, los cables se conectan a la cinta de cobre recubierta de lata ubicada en los bordes de la celda.

#### 6.9.5.1.7 Derretir la capa protectora de la cinta de cobre.

Se debe realizar con la punta del cautín cuando, el operador tiene que tener precaución con el modulo solar al momento de derretir la capa protectora.

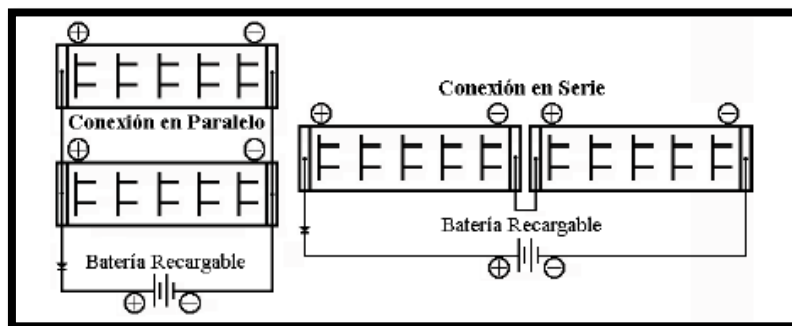
#### 6.9.5.1.8 Temperatura ideal de soldadura.

La temperatura debe de oscilar entre 315°C a 343 °C.

#### 6.9.5.1.9 Tipo de conexiones:

La imagen 35 muestra cómo se debe de conectar las celdas y la batería recargable dependiendo del tipo de conexión a usar.<sup>53</sup>

Imagen 15. Tipo de conexiones para las celdas



Fuente: [http://www.celdassolaresflexibles.com/index\\_files/OEM\\_Components/PowerFilm-Solar-OEM-Components-Instructions.php](http://www.celdassolaresflexibles.com/index_files/OEM_Components/PowerFilm-Solar-OEM-Components-Instructions.php)

<sup>53</sup> [http://www.celdassolaresflexibles.com/index\\_files/OEM\\_Components/PowerFilm-Solar-OEM-Components-Instructions.php](http://www.celdassolaresflexibles.com/index_files/OEM_Components/PowerFilm-Solar-OEM-Components-Instructions.php)

#### **6.9.5.1.10 Sujeción de la celda.**

La celda tiene un sistema PSA el cual es un adhesivo que contiene en su parte inferior, este tiene un protector que debe ser retirado para pegar la celda a la piel del ala.<sup>54</sup>

#### **6.9.5.1.11 Diámetro mínimo de los cables.**

Por el fabricante es recomendado cables con un diámetro mínimo de 5mm.

**! No conecte la batería al revés o con la polaridad invertida al módulo solar, ya que destruirá el módulo solar y la batería podría explotar, causando quemaduras en el cuerpo, ¡e incluso la muerte!**

**No se recomienda conectar en serie varias celdas solares para una salida de voltaje mayor a 48 V.**

#### ▪ Mantenimiento del sistema

Si se presenta fallas en el sistema, el operador debe de ubicar el componente que está fallando y remplazarlos, es considerado este sistema tipo LRU

#### 6.9.6 Sistema de navegación

El sistema de navegación se basa en el GPS, el cual funciona a partir de un teorema de triangulación entre un emisor y varios receptores (3 o más satélites) donde el tiempo de respuesta de las señales de cada uno y un sistema cartográfico de referencia (geográficas o planas) establece la ubicación del emisor en el geoide.

#### ▪ Mantenimiento del sistema

Si se presenta fallas en el sistema, el operador debe de ubicar el componente que está fallando y remplazarlos, es considerado este sistema tipo LRU.

#### 6.9.7 Sistema de piloto automático

Este sistema es el encargado de ayudar al piloto, en las siguientes ocasiones





- Return to home

---

<sup>54</sup> [http://www.celdassolaresflexibles.com/index\\_files/OEM\\_Components/PowerFilm-Solar-OEM-Components-Instructions.php](http://www.celdassolaresflexibles.com/index_files/OEM_Components/PowerFilm-Solar-OEM-Components-Instructions.php)

- Waypoints
- Registro de datos del vuelo.
- Descarga de datos
- Secuencia de comandos
- Repetir misiones
- Soportar telemetría
- En vuelo manual enviar información al operador.

Un piloto automático mínimo debe de tener la integración de los siguientes sistemas:



-  Controlador
-  Giróscopos
-  GPS
-  Telemetría

#### ▪ Mantenimiento del sistema

Si se presenta fallas en el sistema, el operador debe de ubicar el componente que está fallando y remplazarlos, es considerado este sistema tipo LRU.

#### 6.9.8 Sistema eléctrico

El sistema eléctrico de la aeronave VANT SOLVENDUS se basa en:

-  Sistema de celdas fotovoltaica.
-  Baterías lipo.

Las baterías lipo (polímero de litio ) utilizadas por la aeronave son recargables, de muy bajo peso y con tiempos más altos, con mayor potencia que en conexión con motores eléctricos logran ser más eficientes que uno motor a combustión interna.<sup>55</sup>

#### ▪ Mantenimiento del sistema

Si se presenta fallas en el sistema, el operador debe de ubicar el componente que está fallando y remplazarlos, es considerado este sistema tipo LRU.

---

<sup>55</sup> Rcmaterial, Manual de uso de Baterías de polímero de litio, disponible en: [www.RCmaterial.com](http://www.RCmaterial.com)

## 6.10 PINTURAS Y MARCAS.



En este capítulo del manual se encuentra la información del tipo de pintura que es utilizada en la aeronave, y las marcas que debe de tener una aeronave en Colombia bajo el RAC.

### 6.10.1 Marcas

- Generalidades de las marcas

La reglamentación para los UAV en Colombia y el mundo están iniciando, al igual que la OACI cada ente gubernamental de estado, están creando las normas para estas aeronaves. Para el tema de marcas y pinturas de aeronaves en Colombia está a disposición el RAC 20 MATRÍCULA, REGISTRO E IDENTIFICACIÓN DE AERONAVES, por lo tanto se asumen para el VANT las marcas que debe poseer una aeronave con matrícula Colombiana.

Las generalidades para las marcas son tomadas del numeral 20.2.5.1. Del RAC 20 y son:

-  Deben ser estampadas o fijadas a la misma.
-  Dichas marcas deberán ser de color que haga contraste con el de la aeronave y aparecerán limpias y visibles en todo momento.

- Marcas aplicables

Las marcas aplicables del RAC a la aeronave VANT SOLVENDUS son:

#### **6.10.1.1.1** Bandera mercante de Colombia

La aeronave VANT SOLVENDUS deberá tener ubicada la bandera mercantil de Colombia según el numeral 20.2.4.1 del RAC VIII. <sup>56</sup>

---

<sup>56</sup> Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (1 2015). REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA. Obtenido de MATRÍCULA, REGISTRO E IDENTIFICACIÓN DE AERONAVES

Imagen 16. Bandera mercante de Colombia



Fuente: [http://1.bp.blogspot.com/\\_pcapL9W\\_KdY/TUSYgbY8U0I/AAAAAAAAAgU/1w\\_VI11-FIE/s1600/mercante.gif](http://1.bp.blogspot.com/_pcapL9W_KdY/TUSYgbY8U0I/AAAAAAAAAgU/1w_VI11-FIE/s1600/mercante.gif)

Las medidas de esta bandera son tomadas del numeral 20.2.6.2.1.2 del RAC.<sup>57</sup>

La bandera mercante colombiana será de forma rectangular en proporciones de 15 de largo por 8 de alto. Por consiguiente debe ir ubicada en uno de los estabilizadores verticales.

#### **6.10.1.1.2 Marca de utilización**

La aeronave VANT SOLVENDUS es destinada a Fotografía, por lo tanto llevara la palabra “FOTOGRAFÍA” en el fuselaje según el numeral 20.2.4.2. Parágrafo c. Y 20.2.5.3.1.2.paragrafo c deber ir a ambos lados del fuselaje en la parte inferior entre las alas y la nariz de la aeronave, paralelas a las marcas de explotación si corresponde.

## **FOTOGRAFÍA**

La altura mínima es de 10 cm según numeral 20.2.6.3.2. Del RAC Los caracteres de la descripción de actividad en las aeronaves experimentales y de trabajos aéreos, tendrán una altura mínima de 10 cm.

---

<sup>57</sup> Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (1 2015). REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA. Obtenido de MATRÍCULA, REGISTRO E IDENTIFICACIÓN DE AERONAVES.



#### **6.10.1.1.3 Marca de explotación**

La marca de explotación para aeronaves de aviación general en este caso el VANT SOLVENDUS es potestativo según numeral 20.2.4.3. Parágrafo 3. Para las demás aeronaves (de aviación general) es potestativo el empleo de marcas de explotación. Por lo tanto la aeronave debe de llevar en el fuselaje el nombre de la universidad.

Imagen 17. Logo universidad Los Libertadores



Fuente: <http://www.despachospublicos.com/sites/default/files/libertadores.jpg?1353442598>

La ubicación de la marca según numeral 20.2.5.3.1.1. Del RAC en el parágrafo 2 dice “Las marcas de explotación, cuando correspondan, se colocarán a ambos lados del fuselaje, en la parte superior, entre las alas y la nariz de la aeronave.”<sup>58</sup>

- **Marcas opcionales:**

Estas son marcas que distinguen a los fabricantes de la aeronave y colaboradores en ella.

#### **6.10.1.1.4 MARCA GICA**

La aeronave llevara una marca que distingue al grupo investigativo de ciencias aeroespaciales de la universidad GICA, que debe ir ubicada debajo de la marca de explotación.

Las marcas que se deseen colocar deberán tener de una solicitud formal al director del semillero de investigación VANT SOLVENDUS.

- **Caracterización de las marcas:**

Los tipos de caracteres empleados para las marcas de la aeronave se basan en el numeral 20.2.7 del RAC.

- ✚ Numeral 20.2.7.1. Las letras serán mayúsculas, de tipo romano, sin adornos. Los números serán arábigos, sin adornos.
- ✚ Numeral 20.2.7.2. La anchura de cada uno de los caracteres (excepto la letra l y el número 1) y la longitud de los guiones, serán dos tercios de la altura de los caracteres.

---

<sup>58</sup> Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (1 2015). REGLAMENTOS AERONÁUTICOS DE COLOMBIA. Obtenido de MATRÍCULA, REGISTRO E IDENTIFICACIÓN DE AERONAVES.

- ✚ Numeral 20.2.7.3. Los caracteres y guiones estarán constituidos por líneas llenas y serán de un color que contraste claramente con el fondo. La anchura de las líneas será igual a una sexta parte de la altura de los caracteres.
- ✚ Numeral 20.2.7.4 Cada uno de los caracteres estará separado, del que inmediatamente le preceda o siga, por un espacio por lo menos igual a la cuarta parte de la anchura de un carácter. A este fin, el guion se considerará como una letra.

## 6.10.2 Pintura

La pintura utilizada para la aeronave es pintura en aerosol multisuperficie de marca pintuco, ya que tiene cualidades de resistencia y tiene filtro UV.

Las partes que se pintan de la aeronave pueden verse en la tabla 38.

Tabla 24. Zonas pintadas en la aeronave

Zona	Sub-Zona	Parte
<b>Empenaje</b>	Estabilizador horizontal	Eje de rotación
<b>Empenaje</b>	Timón de profundidad	Eje de rotación
<b>Empenaje</b>	Estabilizadores verticales	Eje de rotación
<b>Empenaje</b>	Timones de cola	Eje de rotación

Fuente: Autores

- Modo de uso

El fabricante de la pintura, indica el procedimiento a seguir.

### Procedimiento 13. Modo de uso de la pintura



Fuente: Autores

## **7. MANUAL DE VUELO DE LA AERONAVE**

Para realizar el MVA de la aeronave se tomó en cuenta la organización del MVA de la aeronave Liberty-XL2 POH certificado por la FAA, con información completa, organización por capítulos abarcando cada sistema, procedimientos similares a los que se desean incorporar en el VANT SOLVENDUS.

El Liberty-XL2 POH es un biplaza de ala baja, de una sola tripulación con capacidad para un pasajero (entrenamiento), una aeronave fabricada en metal (aluminio) y en materiales compuestos.

Parte de la información en la investigación del MVA se encuentra consignada en el MMA, en efecto se encontrara referenciando con el fin de que no se repita información.

El manual elaborado se encuentra en el anexo 2 de este documento.

### **7.1 PORTADA DEL MANUAL**

La portada del manual se realizó en base al AMM de la aeronave Liberty-XL2 POH, la cual contiene el logo del fabricante el título del manual, el nombre de la aeronave y una imagen del avión.

La imagen del VANT SOLVENDUS se obtuvo por medio de la toma de la imagen del render hecho al CAD del avión, así como se observa en el anexo 2 (MVA).

### **7.2 AVISOS DE NOTA, PRECAUCIÓN Y SEGURIDAD.**

Se crearon tres pautas en forma de icono que permiten al operador encontrar información importante dentro del manual, estos son de ayuda para no pasar en alto información útil a la hora de realizar el mantenimiento. A fin de observar los iconos dirijase al anexo 2 (MVA).

## 7.3 GENERAL

En este capítulo del MVA se desea dar a conocer datos básicos de la aeronave, e información principal, la información que contiene es tomada de datos de fabricación y de la investigación realizada en el MVA de la aeronave VANT SOLVENDUS.

### 7.3.1 Introducción del capítulo

Esta parte del manual contiene información sobre la vista de la aeronave, datos descriptivos de, definiciones y abreviaciones con el fin de que el operador encuentre soporte para el vuelo seguro de la aeronave.

#### 7.3.1 Abreviaturas, glosario y símbolos

El manual maneja palabras o conceptos que el operador puede desconocer, por lo tanto se definen las palabras y conceptos más relevantes que se encuentran consignados en el anexo 2 (MVA).

#### 7.3.2 Vistas de la aeronave

Las vistas de la aeronave son desde las tres perspectivas principales, superior, frontal, lateral, las vistas son tomadas del CAD de la aeronave. Así mismo las unidades de las dimensiones son en mm que las cuales se encuentran en el anexo 2 (MVA).

## 7.4 LIMITACIONES

Los límites obtenidos en la sección 6.5.6 del MMA son aplicables para el MVA, aunque las velocidades  $V_{NE}$  Y  $V_{NO}$  se calcularon bajo reglamentación FAR 23 y se consignaron en esta sección.

### 7.4.1 Introducción del capítulo

Este capítulo contiene la información sobre rangos, límites, factores de carga, para que el operador vuele la aeronave con seguridad.

### 7.4.2 Límites de velocidad.

Cumplir con los límites de velocidad de la aeronave, previenen daños estructurales y accidentes, es un compromiso del operador cumplir los límites de velocidad, el fabricante los realiza porque conoce que un incremento de velocidades deja daños que en alguno caso no se pueden restituir.<sup>59</sup>

- Velocidad de nunca exceder  $V_{NE}$

Es la velocidad que nunca debe ser excedida en cualquier configuración de vuelo, porque si se excede la probabilidad de daño estructural es alta.

La reglamentación FAR 23 en el numeral 23.1545 indica que la Velocidad de nunca exceder debe ser el 90% de la velocidad  $V_D$ .

$$V_{NE} = 0,9 * V_D \quad (10)$$

$$V_{NE} = 0,9 * 43,75 \frac{m}{s} \quad (11)$$

$$V_{NE} = 39,375 \frac{m}{s} \quad (12)$$

- Velocidad de maniobra  $V_A$ .

Para calcular  $V_A$ , se tomó la ecuación del libro Airplane Design de Jan Roskam, la cual indica que es igual a la velocidad de pérdida por la raíz cuadrada del factor límite.

---

<sup>59</sup> Chincul S.A. (s.f.). AVION PIPER TOMAHAWK. Obtenido de Generalidades: <http://hildalarrondo.net/wp-content/uploads/2012/08/seccion-1-generalidades.pdf>

$$V_A = V_S * \sqrt[2]{n_{lim}} \quad (13)$$

Para calcular el facto límite de carga, se tomó la ecuación del libro Airplane Design de Jan Roskam.

$$n_{lim} = 2,1 + \left( \frac{24000}{GW + 10000} \right) \quad (14)$$

$$n_{lim} = 2,1 + \left( \frac{24000}{15 \text{ Kg} + 10000} \right) \quad (15)$$

$$n_{lim} = 4,49 \quad (16)$$

Se realiza el cálculo de la velocidad de maniobra y da como resultado.

$$V_A = 10,86 \frac{m}{s} * \sqrt[2]{4,49} \quad (17)$$

$$V_A = 23,02 \frac{m}{s} \quad (18)$$

- Velocidad máxima de crucero u operaciones normales  $V_{NO}$ .

Es la velocidad óptima antes de que entre en un rango de velocidades que comprometen la integridad de la aeronave, la ecuación fue tomada del numeral 23.1505 de FAR 23. Que indica que esta velocidad es el 80 % de la velocidad de maniobra en crucero.

$$V_{NO} = V_D * 0,8 \quad (19)$$

$$V_{NO} = 43,75 \frac{m}{s} * 0,8 \quad (20)$$

$$V_{NO} = 35 \frac{m}{s} \quad (21)$$

En el manual de mantenimiento se ubican estas velocidades en una tabla (tabla 22).

Tabla 25. Velocidades limite

Símbolo	Velocidad	Valor
$V_{NE}$	39,375	$\frac{m}{s}$
$V_{NO}$	35	$\frac{m}{s}$
$V_A$	23,028	$\frac{m}{s}$

Fuente: Autores

#### ▪ Velocidades características

En los indicadores de velocidad de las aeronaves se encuentran unos campos de velocidades que indican por colores los rangos de velocidades, estos rangos son arcos de tres colores para aeronaves que no tiene flaps como el VANT SOLVENDUS, los colores son verde, amarillo y rojo.<sup>60</sup>

##### 7.4.2.1.1 Franja Verde:

Indica que la aeronave en ese rango de velocidades opera perfectamente su inicio es en la velocidad mínima de vuelo o velocidad de perdida  $V_A$  y va hasta la velocidad de maniobra  $V_A$ .

##### 7.4.2.1.2 Franja amarilla.

Indica que la aeronave en ese rango de velocidades se debe operar con precaución, las superficies de control son un poco restringidas, en este rango de velocidades un movimiento brusco puede conllevar a un daño de la estructura.

<sup>60</sup> Guido Bergomi. (2015). *Manual de vuelo del piloto de vuelo sin motor*. di Eureka.



#### 7.4.2.1.3 Franja roja.

Es el límite máximo de velocidad de la aeronave  $V_{NE}$ , la operación de la aeronave está en su máxima alerta sobrepasar este límite es llevar a la aeronave a la destrucción.

El operador de la aeronave debe tener en cuenta en la base de operación la siguiente imagen que deberá ser impresa como tarjeta. Con el fin que se percate de los rangos de velocidades de la aeronave.

Tabla 26. Rangos de velocidad

MARCA	VELOCIDAD	VALOR
Rango de operación normal	10,86 – 35	$\frac{m}{s}$
Rango de operación con precauciones	35- 39,375	$\frac{m}{s}$
Operación a máxima velocidad	39,375	$\frac{m}{s}$

Fuente: Autores

#### 7.4.3 Límites del motor

El fabricante no reporta límites de operación.

#### 7.4.4 Formación de hielo

La aeronave VANT SOLVENDUS no tiene sistema anti-hielo y su operación no se puede realizar bajo la lluvia, por ende no se pueda operar en condiciones de formación de hielo.

#### 7.4.5 Carteles

Los carteles, son marcas que identifican alguna acción que debe realizarse, da avisos de precaución, de maniobras que no deben de realizar y algunas de estas maniobras son exigidas por los entes regulatorios, con el fin de mantener la seguridad en vuelo.

- Cartel no mover superficies de control

El cartel de no mover las superficies de control está diseñado con el fin de que al mover la superficie no se dañen los servos.

Imagen 18. Cartel no mover superficies de control

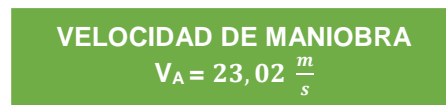


Fuente: Autores

- Cartel de velocidad de maniobra

El cartel de velocidad de maniobra está diseñado para que el operador tenga visible, el valor de la velocidad que es tan importante.

Imagen 19. Cartel de velocidad de maniobra.



Fuente: Autores

#### 7.4.6 Tipos de operación

Las operaciones de todos los instrumentos son realizados en vuelos de reglas visuales VFR.

## 7.5 PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA

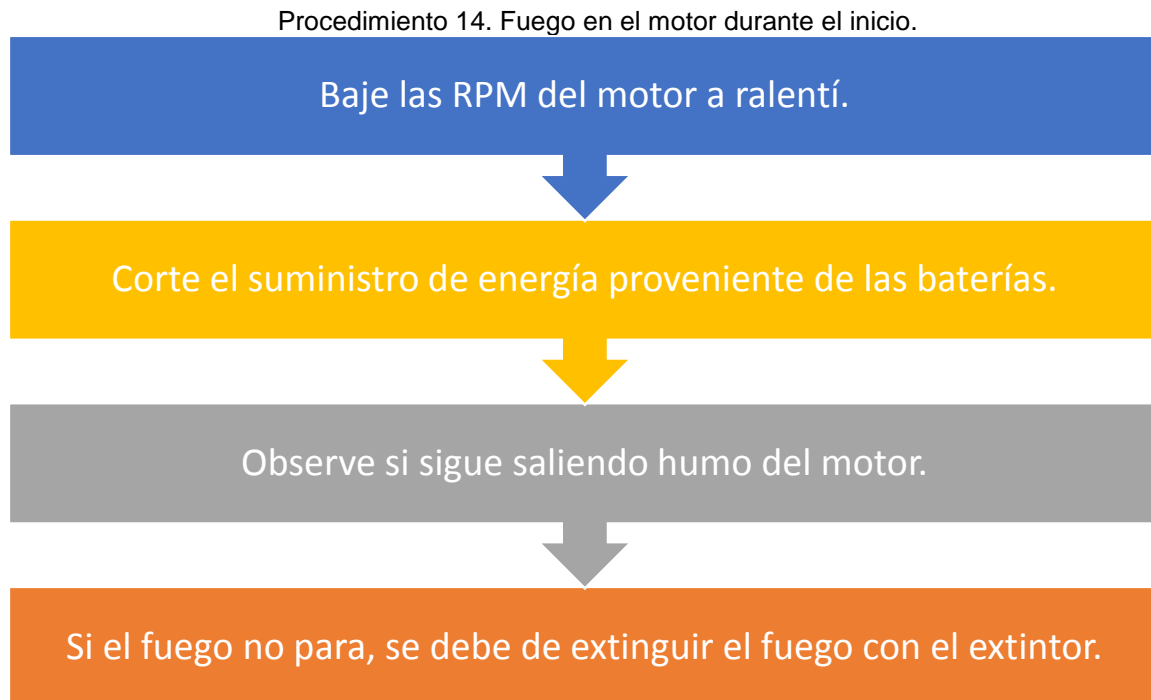
### 7.5.1 Introducción del capítulo

Este capítulo del manual proporciona información al operador sobre procedimientos que puede realizar en caso de que ocurra en una emergencia, ya sea en vuelo o en tierra.

### 7.5.2 Emergencia en tierra

- Fuego en el motor durante el inicio

En caso de que se presente este problema el operador debe seguir el siguiente procedimiento:



Fuente: Autores

- Emergencia de fuego en el motor durante el despegue

El piloto debe tomar la decisión si continuar con el despegue o abortar el mismo, para ello el parámetro que da la decisión es V1, que depende de la velocidad de control y esta a su vez a la velocidad de pérdida.

Para calcular esta velocidad, los requerimientos de la FAR 23 son tomados en el numeral 23.149.

$$V_1 = 5\% * V_{mc} \quad (31)$$

$$V_1 = 0,05 * 13,032 \frac{m}{s} \quad (32)$$

$$V_1 = 0,6516 \frac{m}{s} \quad (33)$$

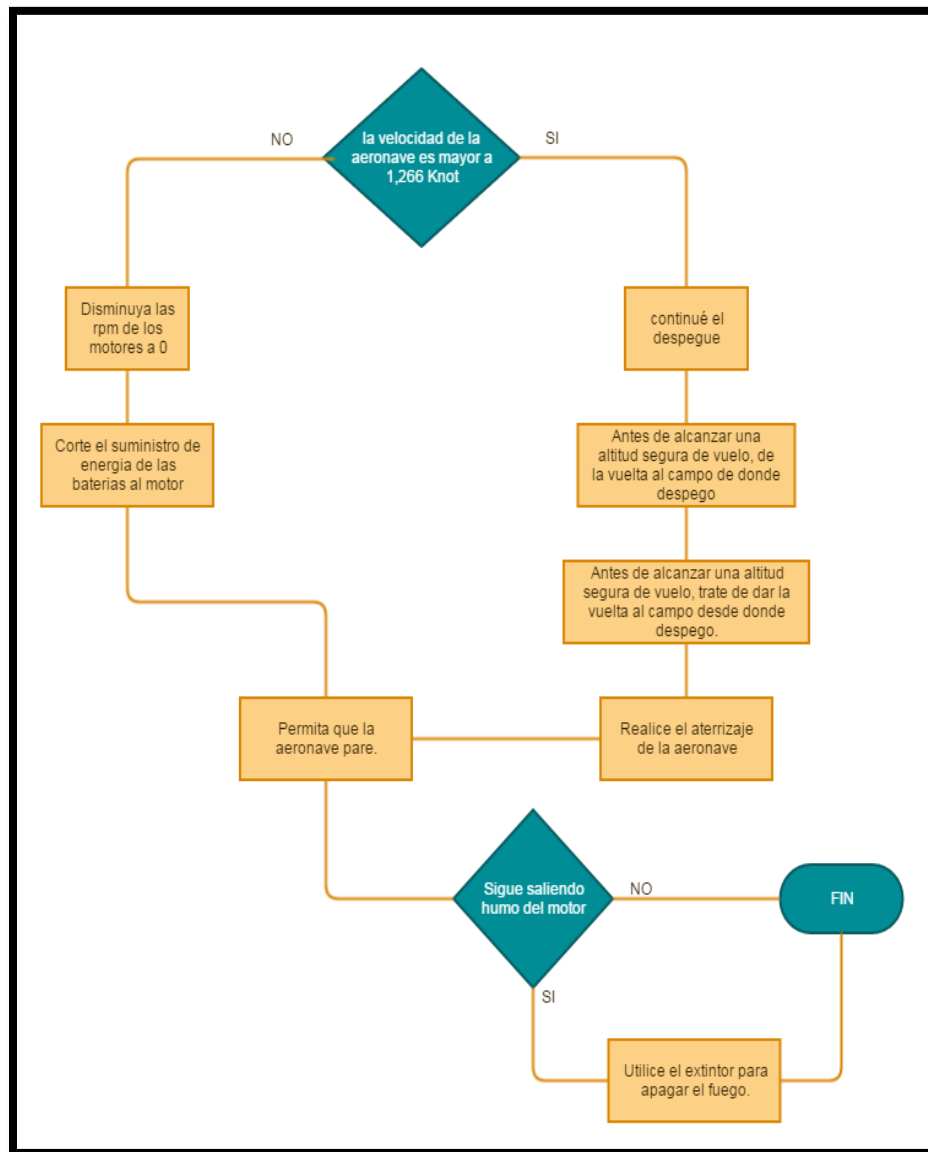
Indica que la velocidad mínima de control no puede exceder la velocidad de pérdida, por lo tanto la ecuación es:

$$V_{mc} \leq 1.2 * V_s \quad (34)$$

$$V_{mc} = 1.2 * 10,86 \frac{m}{s} \quad (35)$$

$$V_{mc} = 13,032 \frac{m}{s} \quad (36)$$

Procedimiento 15. Emergencia de fuego en el motor durante el despegue.



Fuente: Autores

El procedimiento 16 se realiza con el siguiente propósito:

- ✚ Disminuir las rpm, involucra que la aeronave frene y ya que esta no contiene frenos es el único medio para que se detenga.
- ✚ Cortar el suministro de electricidad permite:
- ✚ Parar el flujo de energía y quitar la fuente que puede producir más humo.
- ✚ Permite que los otros sistemas no se dañe
- ✚ Al parar la aeronave se puede identificar si el motor sigue en fuego o no

- ✚ La decisión de utilizar el extintor es obligatorio, o de otra manera no se puede apagar el fuego.

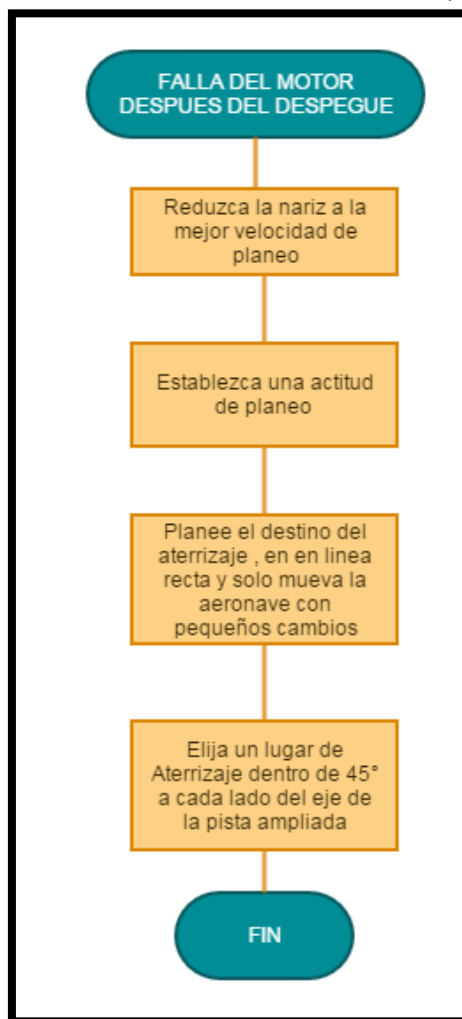
Si se continúa en vuelo después de la velocidad de decisión el piloto está permitiéndole a la aeronave mantener su integridad física

Al dar la vuelta al campo de donde se despegó (en contra del viento) la aeronave queda a favor del viento lo que permite aumentar la velocidad respecto al suelo lo que permite que el operador encamine la aeronave a una mejor aproximación.

### 7.5.1 Emergencias en vuelo

- Daño del motor después del despegue.<sup>61</sup>

Procedimiento 16. Procedimiento daño del motor después del despegue



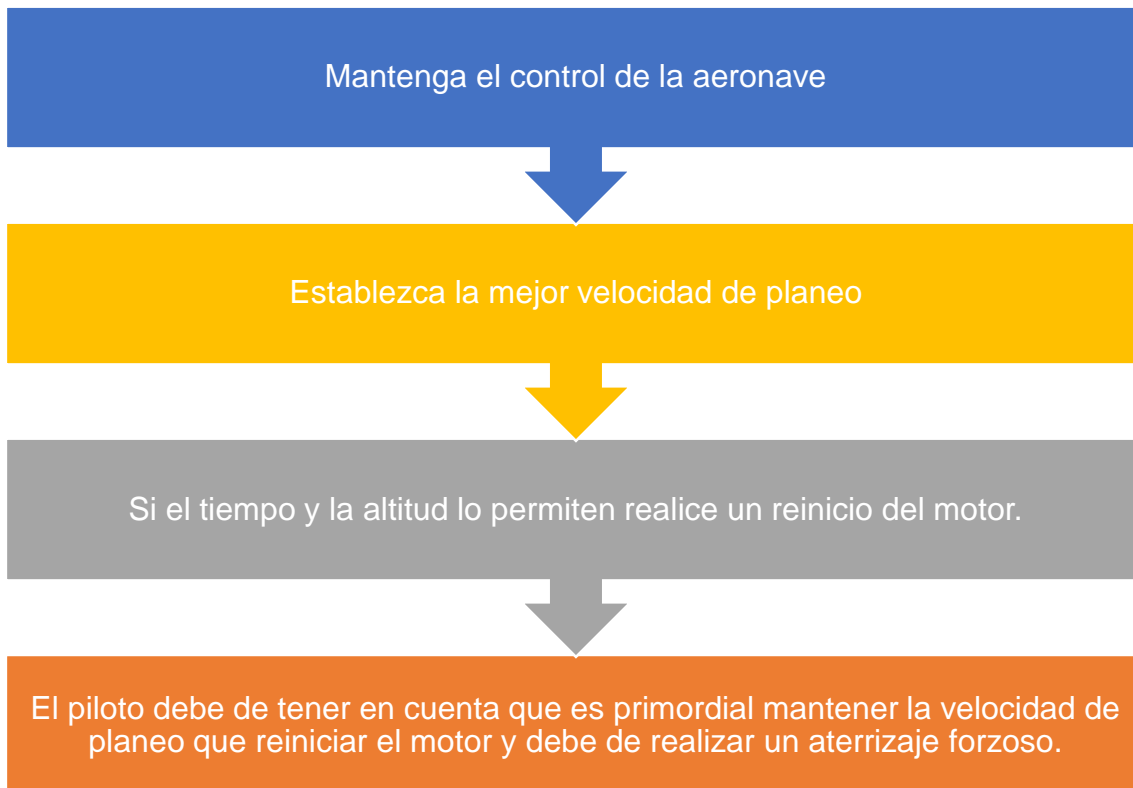
Fuente: Autores

<sup>61</sup> <http://aviationknowledge.wikidot.com/sop:engine-failure-after-takeoff-efato>

El procedimiento mencionado se realiza con el siguiente fin

- ✚ Cuando la aeronave baja la nariz se establece una velocidad de planeo favorable para la emergencia
  - ✚ La aeronave debe de estar encaminada hacia el aterrizaje con una actitud casi perfecta
  - ✚ El operador debe de saber dónde va a realizar el aterrizaje y por ende sus maniobras deben ser cuidadosas y muy leves para no producir cambios en la velocidad de planeo
  - ✚ Devolverse a la pista es un grave error por lo tanto el operador lo que puede realizar es un aterrizaje dentro de los 45° a cada lado del eje la pista
- 
- Fallo del motor durante el vuelo.

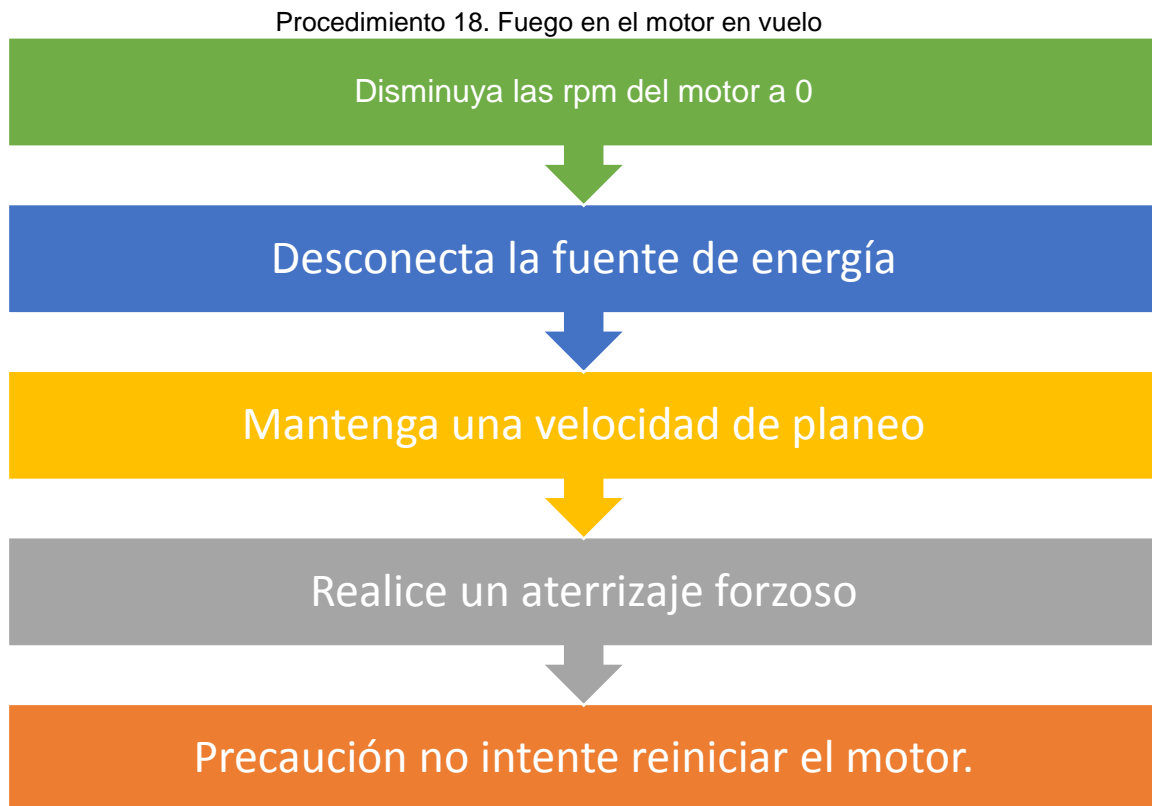
Procedimiento 17. Fallo del motor durante el vuelo



Fuente: Autores

El procedimiento mencionado se realiza con el fin de:

- ✚ Cuando la aeronave se encuentra en emergencia por falla en el motor, el mismo puede perder potencia y esto a su vez desequilibrar la aeronave por lo tanto, estabilizar la aeronave es el primer procedimiento.
  - ✚ La velocidad de planeo, permite que se genere un descenso controlado.
  - ✚ Si es posible reiniciar el motor el operador lo puede realizar y evitar la emergencia.
  - ✚ Si el operador pudo reiniciar el motor se debe de realizar inmediatamente el aterrizaje en, si no pudo reiniciar el motor el operador no debe de quedarse tratando de reiniciarlo pues le puede quitar la concentración y como vitalidad es mantener la velocidad de planeo, la cual le permitirá hacer un aterrizaje forzoso con más seguridad.
- Fuego en el motor en vuelo.



Fuente: Autores



El procedimiento mencionado se realiza con el fin

- + Disminuir las rpm permite que no siga teniendo fricción el motor y generando posibles chispas.
- + Cortar el suministro de electricidad permite:
  - Parar el flujo de energía y quitar la fuente que puede producir más humo.
  - Permite que los otros sistemas no se dañen.
- + La velocidad de planeo, permite que se genere un descenso controlado.
- + El motor ya no puede ser reiniciado por lo tanto, se debe realizar un aterrizaje forzoso.
- + Si se reinicia el motor se puede tener nuevamente fuego.

▪ Giro involuntario

Si se presenta un giro involuntario, realice el siguiente procedimiento.

Procedimiento 19. Controlar un giro involuntario



Fuente: Autores

El procedimiento mencionado se realiza con el fin

- ✚ No se debe de cambiar las rpm del motor, pues esto implica que la aeronave siga descontrolada.
- ✚ El movimiento de un alerón puede conllevar a que se des controle a un más la aeronave rotando por efecto del aire sobre los alerones.
- ✚ Para contrarrestar el giro los timones de cola actúan de manera opuesta
- ✚ Mover el timón de profundidad ajusta el centro de gravedad
- ✚ Previamente cuando la aeronave se detenga el giro los timones de cola deben de volver a su posición neutral
- ✚ El operador debe de ajustar los motores a rpm de vuelo crecer.

### 7.5.2 Aterrizaje de emergencia

Procedimiento 20. Aterrizaje de emergencia



Fuente: Autores

El procedimiento mencionado se realiza con el siguiente fin:

- ✚ Cortar el suministro de electricidad permite:
  - a. Parar el flujo de energía y quitar la fuente que puede producir más humo.
  - b. Permite que los otros sistemas no se dañe.
- ✚ Ubicar el campo es muy importante, aunque la aeronave VANT SOLVENDUS tienen un rango muy corto y puede volver a la pista desde donde despegó, se puede dar la ocasión de que tenga que aterrizar en otro sitio, por lo tanto el operador debe tener en cuenta el tipo de tierra, o agua donde va a realizar el aterrizaje como los obstáculos
- ✚ Caracterizar rápidamente el terreno es importante con el fin de determinar en qué sentido realizara le aterrizaje
- ✚ Hacer la maniobra flare, permite que el avión descargue sobre las ruedas de atrás y suavemente baje su nariz y su tren de nariz.

## 7.6 PROCEDIMIENTOS NORMALES

### 7.6.1 Introducción del capítulo

Este capítulo se realizó con el fin de definir los procedimientos usuales que tiene que llevar acabo el operador durante la misión a la que está diseñada la aeronave.

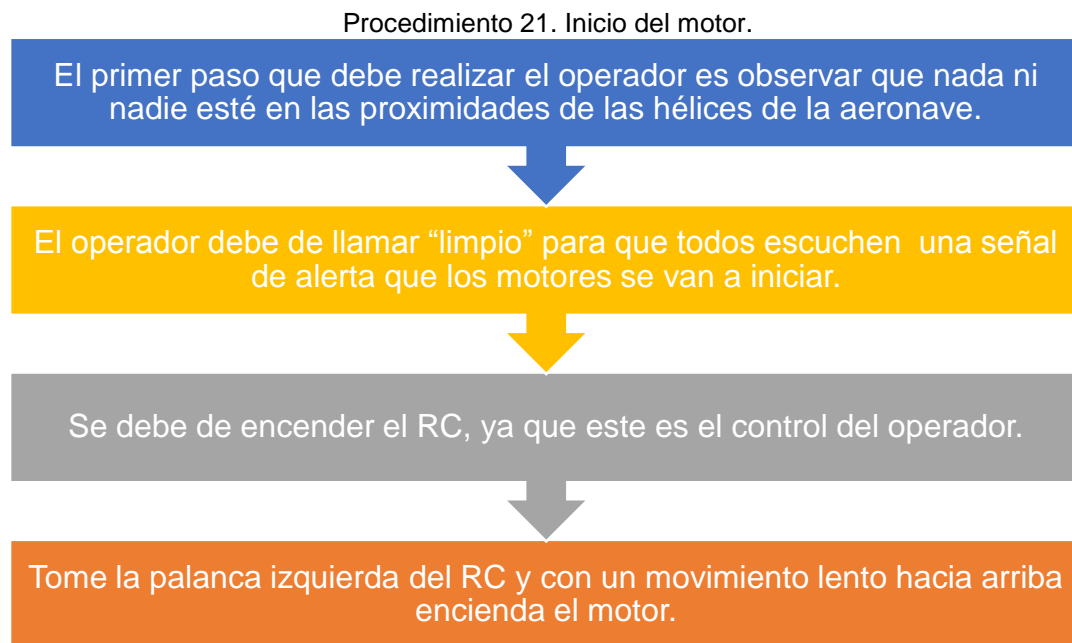
### 7.6.2 Prevuelo

El prevuelo es una inspección que realiza obligatoriamente el piloto de la aeronave siguiendo una lista de verificación en la cual se incluye el “wolk around” o 360°. Las inspecciones son visuales.<sup>62</sup>

El prevuelo para la aeronave VANT SOLVENDUS comprende una lista de chequeo.

### 7.6.1 Iniciar el motor

El método para iniciar un motor no es un procedimiento descrito en general para todas las aeronaves, ya que depende del tipo de motor y el tipo de aeronave, con las configuraciones propias de cada una.



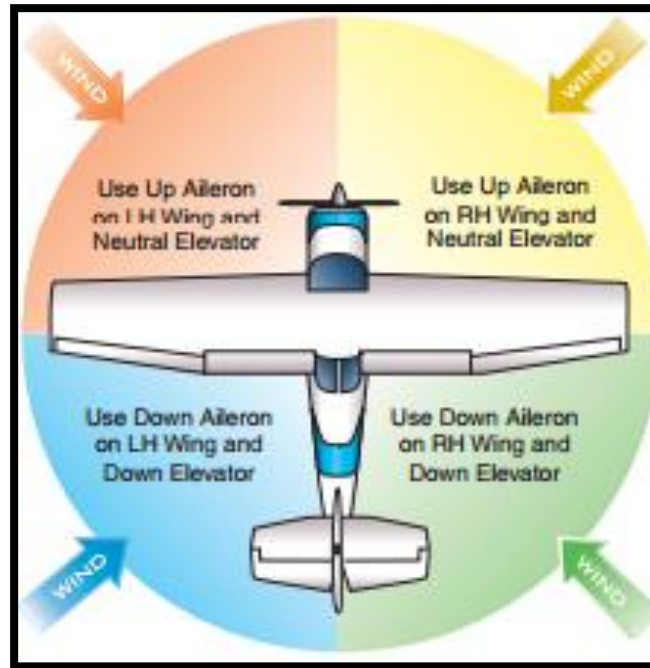
Fuente: Autores

<sup>62</sup> .S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. (2008). AVIATION MAINTENANCE TECHNICIAN HANDBOOK FAA-H-8083-30 CHAPTER 8. En U. D. ADMINISTRATION, AVIATION MAINTENANCE TECHNICIAN HANDBOOK FAA-H-8083-30

### 7.6.2 Carreteo

En el movimiento hacia adelante que la aeronave realiza por sus propios medios, en el cual puede recibir corrientes de aire, y el operador debe contrarrestar por medio de movimientos de las superficies de control para maniobrar la aeronave.<sup>63</sup>

Imagen 20. Vientos en carreteo



Fuente: FAA. (6 de Junio de 2004). *airplane handbook*

Si la aeronave recibe el viento por el lado derecho de la nariz el operador debe de usar el alerón del ala izquierda, moviéndolo hacia arriba y el timón de profundidad debe de estar en posición neutra.

Si la aeronave recibe el viento por el lado izquierdo de la nariz el operador debe de usar el alerón del ala derecha, moviéndolo hacia arriba y el timón de profundidad debe de estar en posición neutra.

Si la aeronave recibe el viento por el lado izquierdo de la cola el operador debe de usar el alerón del ala izquierda, moviéndolo hacia abajo y el timón de profundidad debe de estar en posición baja.

<sup>63</sup> FAA. (6 de Junio de 2004). *airplane handbook*. Obtenido de *handbooks manual*S: [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aircraft/airplane\\_handbook/media/faa-h-8083-3a-2of7.pdf](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/airplane_handbook/media/faa-h-8083-3a-2of7.pdf)

### 7.6.1 Chequeo antes del despegue

Procedimiento 22. Chequeo antes del despegue.

El operador debe de observar que el terreno se encuentre libre de objetos que puedan afectar la hélice y el avión.

Antes de que se inicie la carrera de despegue el operador debe tener en cuenta que la aeronave puede estar moviéndose debido a que esta carece de frenos y ocasionando un movimiento no deseado.

El procedimiento debe de realizarse rápidamente antes de que la aeronave empiece a moverse a causa de los vientos.

Fuente: Autores

### 7.6.2 Despegue<sup>64</sup>

El despegue de la aeronave se realiza mediante las velocidades que esta debe de alcanzar.

El operador debe de suministrar toda la potencia a los motores para que la aeronave inicie la carrera de despegue.

El operador debe de mover el timón de profundidad aproximadamente  $3^\circ$  hacia arriba para que la aeronave reduzca el peso sobre el tren de aterrizaje delantero.

Alcanza la velocidad de rotación  $V_r$ , debe de mover de mover el timón de profundidad hasta  $7,5^\circ$  hacia arriba.

El operador observa que la aeronave empieza a despegar primero las ruedas del tren de nariz y previamente las ruedas del tren de cola. El operador debe de aumentar la velocidad hasta la mejor tasa de ascenso  $V_y$ .

Previamente el operador debe de mantener la velocidad  $V_y$  hasta que alcance el nivel de vuelo deseado.

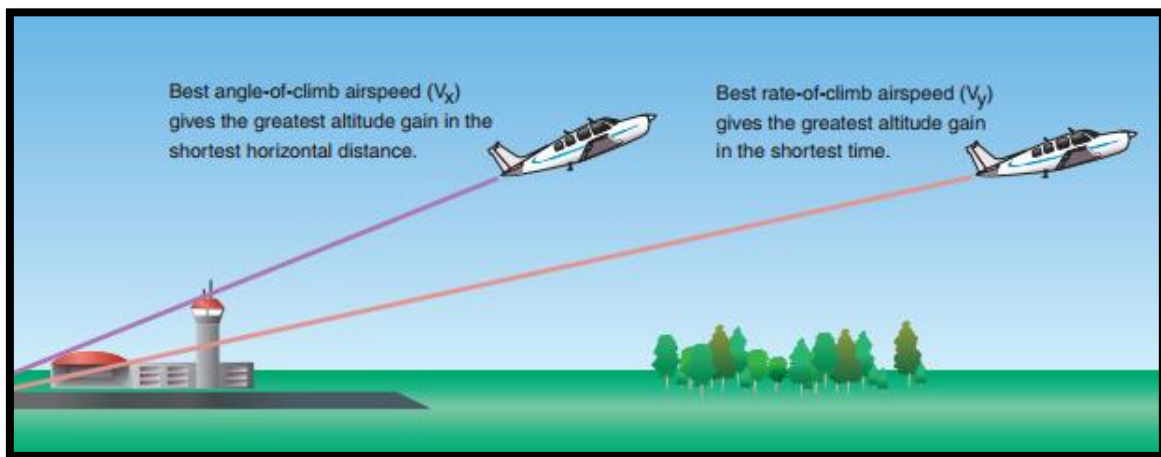
Fuente: Autores

<sup>64</sup> FAA. (6 de Junio de 2004). *airplane handbook*. Obtenido de handbooks manualS: [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aircraft/airplane\\_handbook/media/faa-h-8083-3a-2of7.pdf](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/airplane_handbook/media/faa-h-8083-3a-2of7.pdf)

### 7.6.1 Ascenso

El ascenso es la parte de la misión, previa al despegue, en que la aeronave cambia su plano nivelado por inclinado, lo cual conlleva a que el vector del peso no sea perpendicular a la aeronave si no se ubique detrás de ella, y esto a su vez aumenta la resistencia al avance, por lo que el operador tendrá que aumentar la potencia del motor, para equilibrar los vectores. Así mismo conocerá y evaluará el campo aferente de la zona de despegue con el fin de verificar la altura de los obstáculos que están en la zona en pro de la escogencia del mejor Angulo de ascenso o la mejor tasa de ascenso. El mejor ángulo de ascenso es utilizado cuando los obstáculos en la zona aferente impiden que la aeronave decole y realice un trayecto ideal hasta alcanzar el nivel de vuelo deseado. Por otro lado la mejor tasa de ascenso es utilizada si no se presentan en la zona obstáculos, lo que permite alcanzar el nivel de vuelo deseado en un menor tiempo.

Imagen 21. Best angle of climb and rate of climb



Fuente:

[https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aircraft/airplane\\_handbook/media/faa-h-8083-3a-2of7.pdf](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/airplane_handbook/media/faa-h-8083-3a-2of7.pdf)

#### Procedimiento 23. Ascenso

El operador aplicará durante el ascenso movimiento en el timón de profundidad para corregir el efecto causado por el aumento de la corriente deslizando, el cual se produce por un incremento de corriente generada por los motores que se descargan sobre el estabilizador.




Para que la aeronave se establezca en el nivel de vuelo deseado, la premisa indica que es el 10% de la velocidad de ascenso.

Fuente: Autores

Ejemplo, la aeronave asciende a una tasa de ascenso de 500 ft por minuto, el 10 % es 50 ft, lo que indica que faltando 50 ft para alcanzar el nivel de vuelo deseado, la aeronave debe de bajar la nariz gradualmente.<sup>65</sup>

### 7.6.2 Crucero

El operador de la aeronave debe conocer los 3 básicos fundamentos para maniobrar la aeronave en vuelo.

-  Efectos y usos de los controles.
-  Sentir la aeronave.
-  Aptitud de vuelo.

### 7.6.3 Descenso

- Descenso por potencia parcial

Para realizar un descenso, se requiere perder energía parcialmente, denominado descenso en ruta a una velocidad de descenso entre 400 y 500 fpm.

- Descenso en mínima de seguridad

Un descenso en mínima velocidad segura se utiliza principalmente para el franqueamiento de obstáculos en una pista de longitud reducida. La velocidad de descenso utilizada según FAR 23 en el numeral 23,71 es igual a 1,3 VSO.

Entre las características de este descenso se observa que la aeronave debe de tener un Angulo de descenso más pronunciado y una excesiva tasa de descenso.

- Descenso por planeo

Un descenso por planeo es la maniobra en donde la aeronave VANT SOLVENDUS pierde altura o realiza un descenso controlado con poca potencia o con cero

---

<sup>65</sup> FAA. (6 de Junio de 2004). airplane handbook. Obtenido de handbooks manualS: [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aircraft/airplane\\_handbook/media/faa-h-8083-3a-2of7.pdf](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/airplane_handbook/media/faa-h-8083-3a-2of7.pdf)



potencias. El operador debe de controlar el descenso por medio del equilibrio de las fuerzas que tiran de la aeronave y la sustentación.<sup>66</sup>

El operador debe tener un alto nivel de concentración debido a la observación del comportamiento de la aeronave

El operador debe reconocer que no se genera corriente de aire proveniente de los motores.

#### 7.6.4 Aterrizaje

- Tramo básico

El procedimiento a seguir para un aterrizaje seguro es el siguiente:

##### Procedimiento 24. Aterrizaje

Reducir la potencia e iniciar el descenso a una velocidad promedio de 1,4 VSO.

Establecer y mantener la corrección de deriva, realizando este procedimiento se sigue la pista de manera perpendicular.

El operador debe de completar el tramo base con una altitud en la que pueda franquear los obstáculos

Fuente: Autores

<sup>66</sup> FAA. (6 de Junio de 2004). airplane handbook. Obtenido de handbooks manualS: [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aircraft/airplane\\_handbook/media/faa-h-8083-3a-2of7.pdf](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/airplane_handbook/media/faa-h-8083-3a-2of7.pdf)

- Aproximación final

El procedimiento a seguir para una aproximación final seguro es el siguiente:

Procedimiento 25. Aproximación final



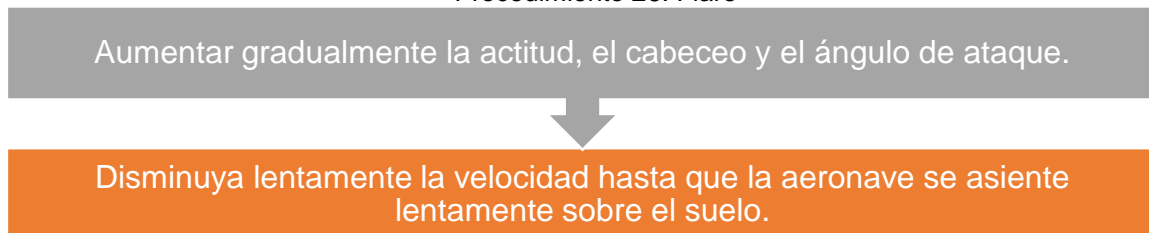
Fuente: Autores

- Flare

**7.6.4.1.1** Procedimientos

Se inicia cuando la aeronave se encuentra a una altura con respecto al suelo en un rango de 10 a 20 pies, y es el siguiente:

Procedimiento 26. Flare



Fuente: Autores

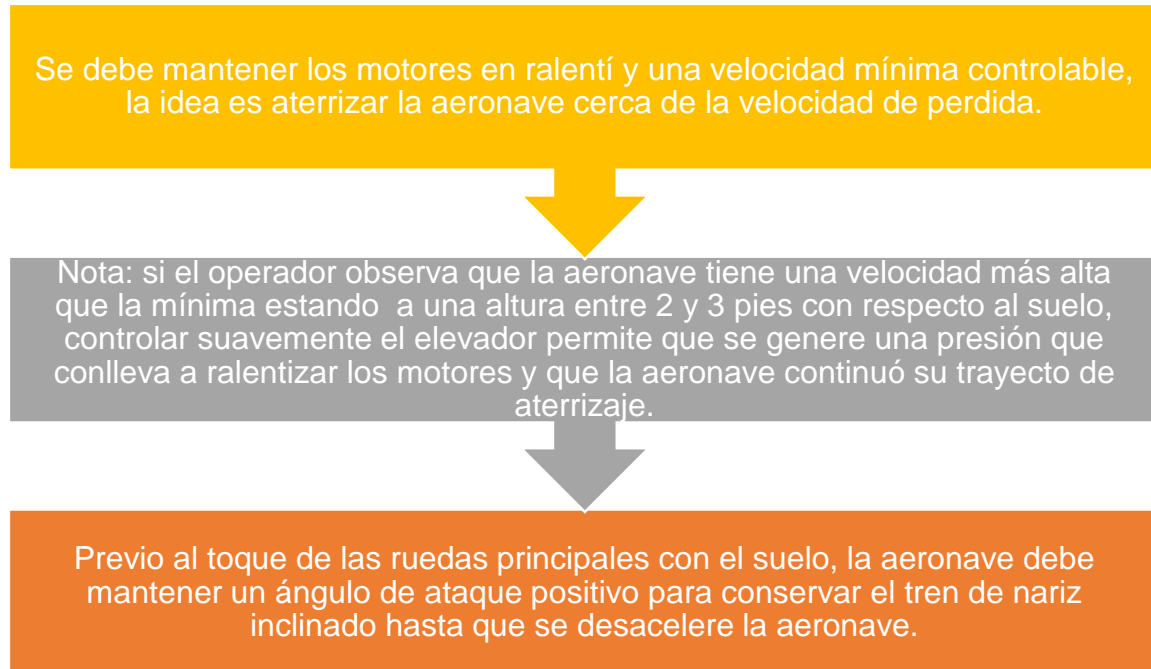
NO EMPUJE EL CONTROL DEL ELEVADOR HACIA ADELANTE DEBIDO A QUE PUEDE CONLLEVAR A UNA EXCESIVA TASA DE PÉRDIDA.

#### 7.6.4.1.2 Señales visuales

Las señales visuales son aquellas que el operador utiliza para observar los cambios de perspectiva en la pista, como el tamaño de los objetos cercanos (profundidad), el ángulo que permite detectar muy bien los objetos es entre 10° y 15°. <sup>67</sup>

- Touchdown

##### Procedimiento 27. Touchdown



Fuente: Autores

#### 7.6.5 Después del aterrizaje.

El procedimiento a realizar después del aterrizaje se basa en desacelerar gradualmente la potencia del motor hasta alcanzar la velocidad de carreteo, por el contrario si no se desacelera el motor y se ejecuta un movimiento con una velocidad alta podría resultar en que la aeronave lleve a cabo un movimiento tipo bucle y previamente genere un accidente.

#### 7.6.6 Apagado de la aeronave.

Los motores de la aeronave deben de ser apagados por lo que el procedimiento a realizar es reducir gradualmente las rpm de los motores hasta cero, previo a ello, la fuente de energía de los motores debe de ser desconectada.

<sup>67</sup> FAA. (6 de Junio de 2004). airplane handbook. Obtenido de handbooks manualS: [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aircraft/airplane\\_handbook/media/faa-h-8083-3a-2of7.pdf](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/airplane_handbook/media/faa-h-8083-3a-2of7.pdf)

### 7.6.7 Finalización de la misión.

Al finalizar la misión el operador debe dejar en posición todas las superficies de control, como alerones Timones de cola y de profundidad

- **Parqueo**

La aeronave VANT- SOLVENDUS, está diseñada para ser guardada luego de su operación en un cajón, preferiblemente mantenerlo en un lugar fresco, libre de humedad y de los rayos del sol. Si el operador desea mantener la aeronave armada, preferiblemente apárquela dentro de un hangar, donde se regule la temperatura, tenga buena ventilación, baja humedad; en caso de que la aeronave no se parquee en un hangar colocar un manto protector sobre la misma. Previamente se debe atar la aeronave al suelo con el fin de que los vientos no la muevan.

- **Atar**

Cuando la aeronave esta aparcada, ate esta al suelo de la siguiente manera, extienda un cable desde cada punto donde se colocan las barras de remolque en los trenes de aterrizaje delanteros y asegure estos a los puntos dispuestos en el suelo del hangar. Para asegurar la aeronave en la parte trasera, los trenes de aterrizaje traseros tienen dispuestos dos huecos para colocar un cable y este asegurarlo al suelo.

Se debe tener en cuenta:

- ✚ Si la aeronave estará más de 2 días estacionada se debe de colocar protectores sobre las hélices.
- ✚ Se deben colocar las cuñas en la ruedas.
- ✚ Se debe bloquear las superficies de control de la aeronave.

Asegurar de que no haya escombros en un radio de 20 m desde el centro de la aeronave.

## 7.7 FUNCIONAMIENTO (PERFORMANCE)

Este capítulo contiene información sobre el desempeño de la aeronave, tanto en ascenso como en descenso, por medio de cálculos realizados para hallar las distancias de despegue y aterrizaje. Algunos datos deben ser obtenidos de las pruebas de vuelo, debido a que la aeronave no se le ha realizado vuelos de prueba, no se añadirán al manual.

### 7.7.1 Introducción del capítulo

Esta sección contiene los datos de distancias de despegue y aterrizaje, contiene el formato de la tabla ISA, utilizada para conocer los diferentes cambios de la atmosfera según la altura.

### 7.7.2 Tabla ISA

Esta carta provee información sobre el comportamiento de la temperatura a diferentes alturas de presión.

Imagen 22. Tabla ISA

ALTITUDE (Feet)	TEMP. (°C)	PRESSURE			PRESSURE RATIO $\delta = P/P_0$	DENSITY $\sigma = \rho/\rho_0$	Speed of sound (kt)	ALTITUDE (meters)
		hPa	PSI	In Hg				
40 000	-56.5	188	2.72	5.54	0.1851	0.2462	573	12 192
39 000	-56.5	197	2.58	5.81	0.1942	0.2583	573	11 887
38 000	-56.5	206	2.99	6.10	0.2038	0.2710	573	11 582
37 000	-56.5	217	3.14	6.40	0.2138	0.2844	573	11 278
36 000	-56.3	227	3.30	6.71	0.2243	0.2981	573	10 973
35 000	-54.3	238	3.46	7.04	0.2353	0.3099	576	10 668
34 000	-52.4	250	3.63	7.38	0.2467	0.3220	579	10 363
33 000	-50.4	262	3.80	7.74	0.2586	0.3345	581	10 058
32 000	-48.4	274	3.98	8.11	0.2709	0.3473	584	9 754
31 000	-46.4	287	4.17	8.49	0.2837	0.3605	586	9 449
30 000	-44.4	301	4.36	8.89	0.2970	0.3741	589	9 144
29 000	-42.5	315	4.57	9.30	0.3107	0.3881	591	8 839
28 000	-40.5	329	4.78	9.73	0.3250	0.4025	594	8 534
27 000	-38.5	344	4.99	10.17	0.3398	0.4173	597	8 230
26 000	-36.5	360	5.22	10.63	0.3552	0.4325	599	7 925
25 000	-34.5	376	5.45	11.10	0.3711	0.4481	602	7 620
24 000	-32.5	393	5.70	11.60	0.3876	0.4642	604	7 315
23 000	-30.6	410	5.95	12.11	0.4046	0.4806	607	7 010
22 000	-28.6	428	6.21	12.64	0.4223	0.4976	609	6 706
21 000	-26.6	446	6.47	13.18	0.4406	0.5150	611	6 401
20 000	-24.6	466	6.75	13.75	0.4595	0.5328	614	6 096
19 000	-22.6	485	7.04	14.34	0.4791	0.5511	616	5 791
18 000	-20.7	506	7.34	14.94	0.4994	0.5699	619	5 486
17 000	-18.7	527	7.65	15.57	0.5203	0.5892	621	5 182
16 000	-16.7	549	7.97	16.22	0.5420	0.6090	624	4 877
15 000	-14.7	572	8.29	16.89	0.5643	0.6292	626	4 572
14 000	-12.7	595	8.63	17.58	0.5875	0.6500	628	4 267
13 000	-10.8	619	8.99	18.29	0.6113	0.6713	631	3 962
12 000	-8.8	644	9.35	19.03	0.6360	0.6932	633	3 658
11 000	-6.8	670	9.72	19.79	0.6614	0.7156	636	3 353
10 000	-4.8	697	10.10	20.58	0.6877	0.7385	638	3 048
9 000	-2.8	724	10.51	21.39	0.7148	0.7620	640	2 743
8 000	-0.8	753	10.92	22.22	0.7428	0.7860	643	2 438
7 000	+1.1	782	11.34	23.09	0.7716	0.8106	645	2 134
6 000	+3.1	812	11.78	23.98	0.8014	0.8359	647	1 829
5 000	+5.1	843	12.23	24.90	0.8320	0.8617	650	1 524
4 000	+7.1	875	12.69	25.84	0.8637	0.8881	652	1 219
3 000	+9.1	908	13.17	26.82	0.8962	0.9151	654	914
2 000	+11.0	942	13.67	27.82	0.9298	0.9428	656	610
1 000	+13.0	977	14.17	28.86	0.9644	0.9711	659	305
0	+15.0	1013	14.70	29.92	1.0000	1.0000	661	0
-1 000	+17.0	1050	15.23	31.02	1.0366	1.0295	664	-305

Fuente: Autores

### 7.7.3 Distancia de despegue

La distancia de despegue se realiza bajo la reglamentación FAR 23 en la cual, indica que al final de la pista una aeronave clasificación FAR 23 debe tener una altura mínima de 50 ft. Para calcular la distancia de despegue se tomaron las ecuaciones 3.4 y 3.5 de la parte 1 del capítulo 3 del libro Aircraft Design de Jan Roskam.

$$STOG = \frac{\frac{W}{S} * \frac{W}{P}}{\sigma * CL_{maxTO}} \quad (37)$$

$$STO = 1,66 STOG \quad (38)$$

El valor del peso de la aeronave es de 15 kg, la potencia de los motores es de 2200W, el radio de densidad ( $\sigma$ ) es tomado dependiendo de la altura de operación que se puede tomar de la imagen 43 y el coeficiente de lift máximo se tomó del coeficiente de lift máximo de la aeronave, ya que en despegue tiene el ángulo de ataque más elevado de toda la misión con valor experimental de 1,11.<sup>68</sup>

Tabla 27. Distancia de despegue

ALTITUD	$\Sigma$	DISTANCIA	(ft)
0	1,000	STOG	56,61
		STO	90,58
1000	1,229	STOG	46,06
		STO	73,69
2000	0,943	STOG	60,05
		STO	96,07
3000	0,915	STOG	61,87
		STO	98,98
4000	0,888	STOG	63,75
		STO	102,00
5000	0,862	STOG	65,70
		STO	105,12
6000	0,836	STOG	67,73
		STO	108,37
7000	0,811	STOG	69,85
		STO	111,76
8000	0,786	STOG	72,04
		STO	115,26
9000	0,762	STOG	74,31
		STO	118,89

Fuente: Autores

<sup>68</sup> Ibid., herrera, silva, Téllez, análisis aerodinámico computacional y experimental para el ala de un mini vehículo aéreo no tripulado (VANT)

#### 7.7.4 Distancia de aterrizaje

La distancia de aterrizaje se realiza bajo la reglamentación FAR 23 en la cual, indica que al inicio de la pista una aeronave clasificación FAR 23 debe tener una altura mínima de 50 ft. Par calcular la distancia de aterrizaje se tomaron las ecuaciones 3.11, 3.12 y 3.13 de la parte 1 del capítulo 3 del libro Airplane Designs de Jan Roskam.

$$V_{SL} = \frac{V_A}{1,33} \quad (39)$$

$$SLG = 0,26 * V_{SL}^2 \quad (40)$$

$$SL = 1,938 * SLG \quad (41)$$

Tabla 28. Tabla de aterrizaje

ALTITUD	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	DISTANCIA	(ft)
0	1,229	SLG	29,64
		SL	57,45
1000	1,193	SLG	30,53
		SL	59,16
2000	1,159	SLG	31,44
		SL	60,94
3000	1,125	SLG	32,39
		SLG	62,78
4000	1,091	SLG	33,38
		SL	64,69
5000	1,059	SLG	34,40
		SL	66,67
6000	1,027	SLG	35,46
		SL	68,73
7000	0,996	SLG	36,57
		SL	70,87
8000	0,966	SLG	37,72
		SL	73,09
9000	0,936	SLG	38,90
		SL	75,39

Fuente: Autores

## 7.8 PESO Y BALANCE

El peso y balance es uno de los procedimientos más importantes para la operación segura de la aeronave, debido a que si se presenta una mala distribución de los pesos y el centro de gravedad no está en el lugar correcto, se ven afectados los siguientes factores<sup>69</sup>

- ✚ Permite el vuelo eficiente de la aeronave.
- ✚ Mantiene la vida útil de la aeronave.
- ✚ Seguridad operacional.

La asociación entre el peso y el balance, permite el centro de gravedad se mantenga en el lugar correcto.

### ▪ Definiciones.

- ✚ Centro de gravedad (CG): Es el punto imaginario en el cual se considera concentrada toda la masa del avión. Normalmente se considera este situado en el eje longitudinal y aproximadamente a  $\frac{1}{4}$  de distancia de la línea imaginaria (datum) o borde de ataque del ala.<sup>70</sup>
- ✚ Rango CG: El rango del centro de gravedad es la distancia entre los límites permitidos delantero y trasero del CG en vacío.
- ✚ Momento: Un momento es una fuerza que trata de causar rotación, y es el producto del brazo, en pulgadas, y el peso, en libras. Los momentos son generalmente expresados en libras-pulgada (lb-in) y pueden ser positivos o negativos.
- ✚ Línea Datum: La línea datum es un punto de referencia con el cual se podrá sacar el CG de la aeronave. Esta línea usualmente está ubicada en la nariz de la aeronave y desde allí se toma las distancias horizontales de la ubicación de las cargas.<sup>71</sup>
- ✚ Eje longitudinal: Es un eje que indica la mitad de la aeronave en el plano horizontal
- ✚ Cuerda media: es una línea recta que divide que divide el borde de ataque con el borde de fuga del ala.

---

<sup>69</sup> Dirección de aeronavegabilidad Republica de Argentina. (1 de Noviembre de 1995). *normativa*. Obtenido de Circular de aseoramiento control de peso y balacneo de aeronaves: [http://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/circ\\_as/ca-120-27b.pdf](http://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/circ_as/ca-120-27b.pdf)

<sup>70</sup> Zitnik, J. (s.f.). *juanzitnik1.tripod*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2015, de juanzitnik1.tripod: [http://juanzitnik1.tripod.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/4\\_aerodinamica.pdf](http://juanzitnik1.tripod.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/4_aerodinamica.pdf).

<sup>71</sup> Zitnik, J. (s.f.). *juanzitnik1.tripod*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2015, de juanzitnik1.tripod: [http://juanzitnik1.tripod.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/4\\_aerodinamica.pdf](http://juanzitnik1.tripod.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/4_aerodinamica.pdf)

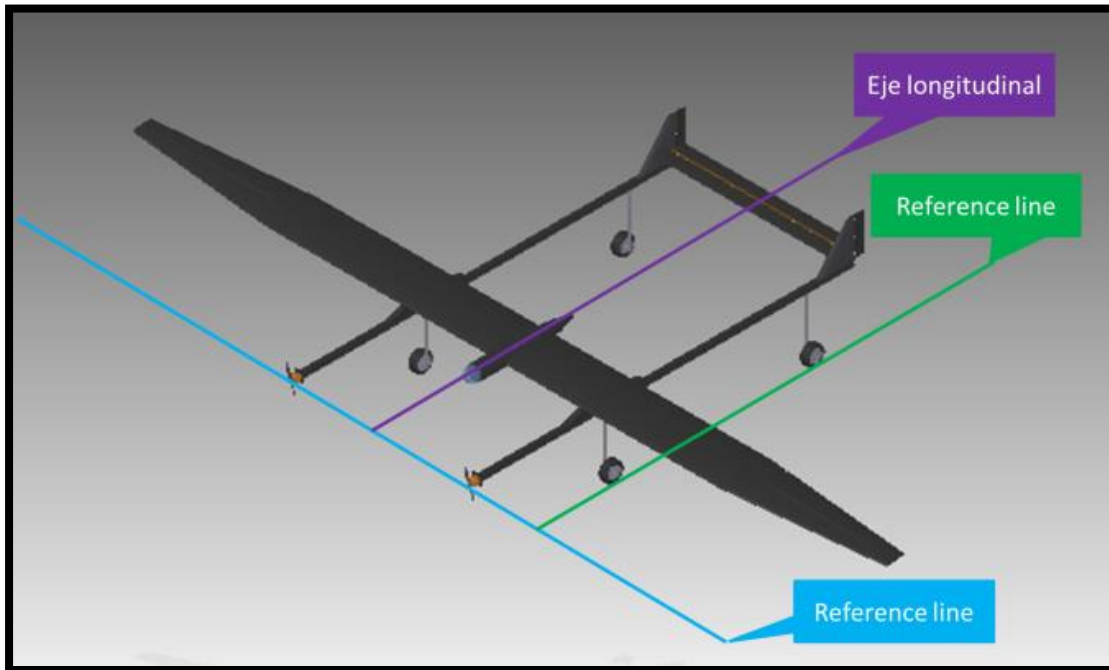


- Procedimiento.

Para determinar el centro de gravedad de la aeronave hay que tener en cuenta, tres ejes invisibles que se deben de ubicar en la aeronave y están ubicados así:

- ✚ Datum line: Está ubicado donde el motor (nariz del avión).
- ✚ Reference line: Está ubicado sobre el piso de la aeronave.
- ✚ Eje longitudinal: Está ubicado en la mitad del plano de la aeronave.

Imagen 23. Líneas para el CG de la aeronave



Fuente: Autores

El peso en vacío para una aeronave civil es la sumatoria de todos los pesos de:

- ✚ Grupo empenaje (verticales y horizontal).
- ✚ Ala.
- ✚ Fuselaje.
- ✚ Grupo motores.
- ✚ Tren de aterrizaje.
- ✚ Grupo equipo fijo.

El peso operativo en vacío para una aeronave civil es la sumatoria de todos los pesos de:

- ✚ Grupo empenaje (verticales y horizontal).
- ✚ Ala.
- ✚ Fuselaje.
- ✚ Grupo motores.
- ✚ Tren de aterrizaje.

- ✚ Grupo equipo fijo.
- ✚ Combustible y acetite atrapado.
- ✚ Tripulación.

El peso máximo de despegue para una aeronave civil es la sumatoria de todos los pesos de:

- ✚ Grupo empenaje (verticales y horizontal).
- ✚ Ala.
- ✚ Fuselaje.
- ✚ Grupo motores.
- ✚ Tren de aterrizaje.
- ✚ Grupo equipo fijo.
- ✚ Combustible y acetite atrapado.
- ✚ Tripulación.
- ✚ Combustible.
- ✚ Pasajeros.
- ✚ Equipaje.
- ✚ Carga.

La aeronave VANT SOLVENDUS no es una aeronave diseñada con motores de combustión, si no con motores eléctricos alimentados por energía solar, la cual es tomada por las celdas fotovoltaicas ubicadas sobre el ala de la aeronave y su peso se suma al peso del ala, por lo tanto el peso del combustible y aceite tanto atrapado en líneas como en reservorios no es aplicable a la aeronave por que no existen. La tripulación no está sobre la aeronave si no es tripulada remotamente, por lo que el peso de tripulación tampoco es aplicable, la aeronave VANT SOLVENDUS no transporta pasajeros, equipaje ni carga por lo que estos ítems tampoco son aplicables.

Es decir que el peso de la aeronave en vacío es el mismo peso de operación y de despegue.

- Calculo del CG de la aeronave.

Calcular el CG de una aeronave se base

Las distancias fueron calculadas por medio de CAD, ubicando el centro de masa de cada componente y realizando una cota desde cada eje de referencia hasta el centro de masa se conoció la distancia.

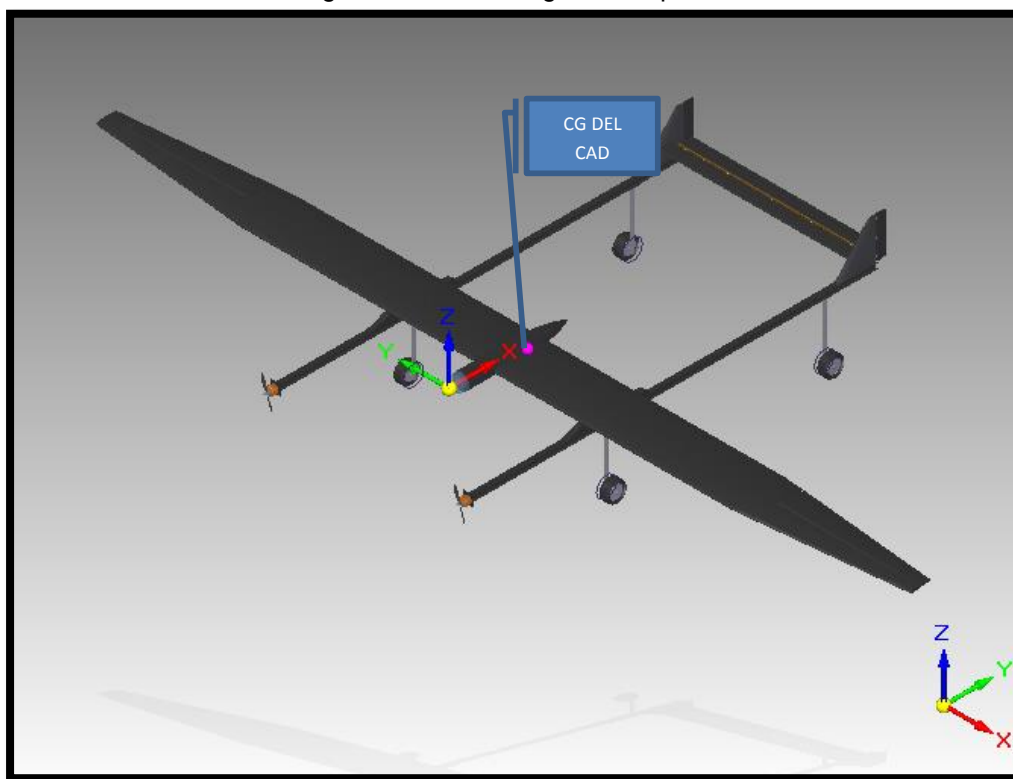
Los pesos están pendientes por calcular, debido a que la aeronave está en la última fase de fabricación.

El CG se calculó en el CAD del avión y este se encuentra:

- ✚ Datum line: 1233,36 mm

- Reference line: 540,29 mm
- Eje longitudinal: 0mm

Imagen 24. Centro de gravedad por CAD



Fuente: Autores

Luego de realizar el cálculo del CG del avión en CAD se procedió a realizar el cálculo del CG bajo el procedimiento normal que se basa en calcular los pesos de cada componente y calcular las distancias desde cada línea del CG hacia el centro de masa de cada componente, como se observa en la tabla 22.

Tabla 29, calculo centro CG

COMPONENTES	W <sub>I</sub>	X <sub>I</sub> (mm)	Y <sub>I</sub> (mm)	Z <sub>I</sub> (mm)	W <sub>I</sub> *X <sub>I</sub> (g*mm)	W <sub>I</sub> *Y <sub>I</sub> (g*mm)	W <sub>I</sub> *Z <sub>I</sub> (g*mm)
ALA	5915	1124,66	0	580,63	6652363,9	0	3434426,45
MOTOR DERECHO	1110	56,46	670,72	505,92	62670,6	744499,2	561571,2
MOTOR IZQUIERDO	1110	56,46	-670,72	505,92	62670,6	-744499,2	561571,2
FUSELAJE	288	926,57	0	577,81	266852,16	0	166409,28

<b>ESTABILIZADOR VERTICAL DERECHO</b>	186	3005,87	671	680	559091,82	124806	126480
<b>ESTABILIZADOR VERTICAL IZQUIERDO</b>	186	3005,87	-671	680	559091,82	-124806	126480
<b>ESTABILIZADOR HORIZONTAL</b>	536	2948,08	0	630	1580170,88	0	337680
<b>TREN DE ATERRIZAJE DERECHO DELANTERO</b>	400	1103,28	704,75	127,725	441312	281900	51090
<b>TREN DE ATERRIZAJE DERECHO TRASERO</b>	400	2888,4	704,75	127,725	1155360	281900	51090
<b>TREN DE ATERRIZAJE IZQUIERDO TRASERO</b>	400	2888,4	-704,75	127,725	1155360	-281900	51090
<b>TREN DE ATERRIZAJE IZQUIERDO DELANTERO</b>	400	1103,28	-704,75	127,725	441312	-281900	51090
<b>EQUIPO MINIMO</b>	3000	783,98	0	577,81	2351940	0	1733430
<b>TAILBOOM DERECHO</b>	629	1588,43	669,97	504,51	999122,47	421411,13	317336,79
<b>TAILBOOM IZQUIERDO</b>	629	1588,43	-669,97	504,51	999122,47	-421411,13	317336,79
<b>TOTAL</b>	15189	23068,17	0	6258,01	17286440,72	0	7887081,71

Fuente: Autores

Luego de tomar las mediciones se procedió a calcular el CG tomando la sumatoria de los pesos por la distancia en cada eje y dividiendo el resultado por la sumatoria de los pesos, como se observa en la tabla 23.

Tabla 30. CG procedimiento normal

<b>CG Datum line X_I = (<math>\sum W \cdot X_I</math>) / (<math>\sum W</math>)</b>	<b>CG Reference line Y_I = (<math>\sum W \cdot Y_I</math>) / (<math>\sum W</math>)</b>	<b>CG Eje longitudinal Z_I=(<math>\sum W \cdot Z_I</math>) / (<math>\sum W</math>)</b>
<b>1138,08945</b>	<b>0</b>	<b>519,262737</b>

Fuente: Autores

Se realiza un promedio entre el CG calculado en CAD y el CG calculado con el procedimiento normal

Tabla 31. Comparación CG

	<b>CG Datum line (X_I) mm</b>	<b>CG Reference line (Y_I) mm</b>	<b>CG Eje longitudinal (Z_I) mm</b>
<b>Procedimiento normal</b>	1138,08945	0	519,262737
<b>CAD</b>	1233,36	0	540,29
<b>Promedio</b>	<b>1185,72473</b>	<b>0</b>	<b>529,776368</b>

Fuente: Autores

Las distancias fueron calculadas por medio del CAD de la aeronave, ubicando el centro de masa de cada componente y realizando una cota desde cada hacia allí.

### Rango del CG

El centro de gravedad de la aeronave no tiene rango ya que el peso de la aeronave no cambia en ninguna fase del vuelo.

## 7.9 SISTEMAS

Los sistemas básicos son aquellos que utiliza la aeronave para llevar a cabo la misión, la información sobre la infraestructura de cada sistema, acompañada de la explicación del sistema se encuentra como se podía observar en el capítulo 6 del documento subcapítulo 9.

## 8. CONCLUSIONES

- ✓ Se logra crear el primer AMM de la aeronave VANT SOLVENDUS con los procedimientos más importantes, la información necesaria para ejecutar un mantenimiento eficiente, que contiene la información para mantener la vida útil de la aeronave.
- ✓ Se logra crear el primer AFM para que el operador vuele de manera segura la aeronave en todas sus fases de la misión.
- ✓ Fue calculado el tiempo de vida útil de los componentes fabricados en materiales compuestos por medio de estudio de fatiga probabilística, dando como resultado el tiempo en que se debe cambiar cada pieza.
- ✓ Se elaboró un paquete de procedimientos incluidos dentro de los manuales tanto de vuelo como de mantenimiento con base en documentación técnica confiable, para mantener la vida útil de la aeronave y operarla de manera segura.

## 9. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda crear el Technical Datasheet de la aeronave con base en la información obtenida en esta investigación.
- ✓ Utilizar los datos de los vuelos de prueba para hacer un cálculo más eficaz del desempeño de la aeronave.
- ✓ Se recomienda seguir paso a paso los procedimientos mencionados en el documento.
- ✓ Se debe tener en cuenta que los cálculos de predicción realizados en fatiga es un estudio preliminar, por lo que se recomienda realizar estudios más detallados.



## 10. BIBLIOGRAFÍA

- (27 de Marzo de 2015). Germanwings: ¿cuándo un avión es muy viejo para volar? BBC MUNDO ONLINE, pág. 1
- Anderson, John D. Introduction to flight, McGraw-Hill.
- Antacli. Graciela C. Drones: Una tecnología revolucionaria en la inspección del trabajo. Buenos Aires. 2015.
- Corun, J.M; Battiste. R.L; Liu. K.C; Ruggles. M.B. Basic Properties of Reference Crossply Carbon-Fiber Composite. Oak Ridge. Oak Ridge Laboratory. 200.
- Federal Aviation Administration. Inspections fundamentals chapter 8. EEUU. FAA. 2013.
- Federal Aviation Administration. Introduction to Flight Training. Washington. 2004.
- Federal Aviation Administration, Federal Aviation Regulation. Washington. 2014
- Filmaciones Aéreas, S.L. Caracterización del RPAS. Segovia. 2014.
- GAIN Working. Operator's Flight safety handbook. First Edition, Wisconsin. 2000.
- García de la Cuesta, Jorge. Terminología Aeronáutica.

- Gaston A. Addati; Gabriel Pérez Lauce. Introducción a los UAV'S Drones o VANTS de uso Civil. Buenos Aires. 2014.
- INSITU. Unmaned Aerial Systems Maintenance Handbook v2.0. East Columbia River Way Bringen. INSITU inc. 2007.
- International Civil Aviation Organization. Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)... Montreal. ICAO. 2015.
- Liberty Aerosapce Inc. FAA Approved Airplane Flight Manual. Melbourne. 2004.
- Ministry of defence Ukrania, UAS: Terminolgy, Definitions and Clasifications. 2010 Shrivenham.
- Miravete, Antonio. Materiales compuestos, primera edición. Zaragoza. Reverte. 2003, vol. 1
- Organización de Aviación Civil Internacional. Sistema de aeronaves no tripuladas (UAS). Montreal. OACI. 2011
- Raymer, Daniel P. Aircraft Design. A Conceptual Apnarizch. Fourth Edition. Boston. AIAA, 2006.
- Roskam Jan. Airplane Design. First Edition. Kansas. Roskam Aviation and Enginnering Corporation, 1985.
- TI Ultralight Czech Republic. Sting Sport Aircraft Maintenance Manual. Letiště, Budova 84. 2005

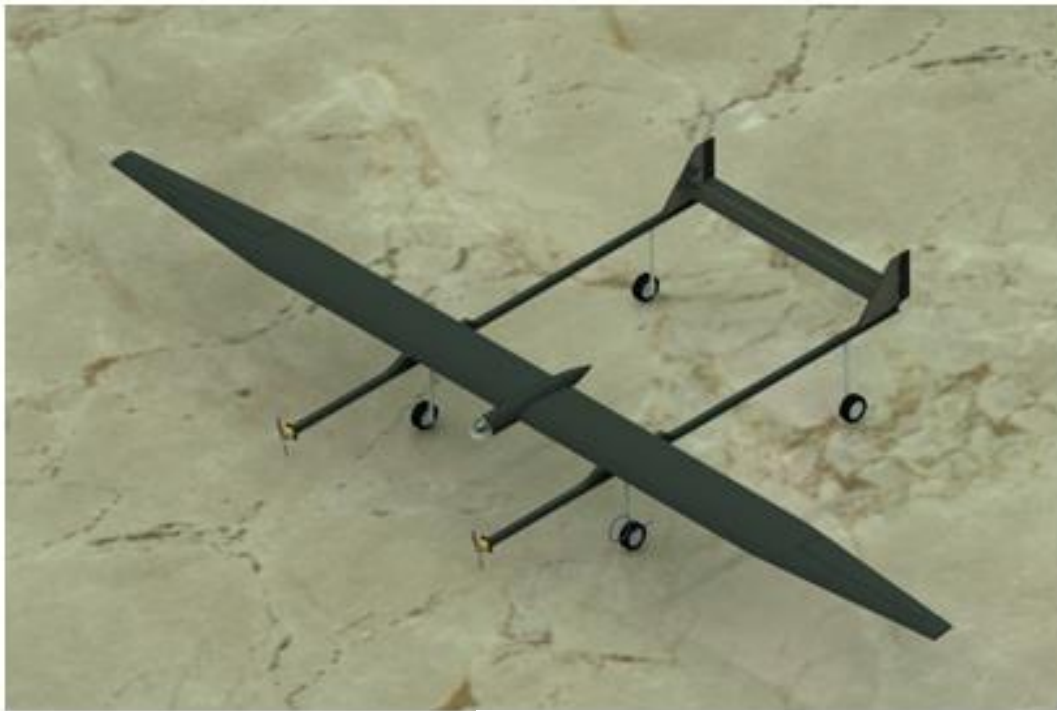
- Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Reglamento Aeronautico Colombiano RAC. Bogotá. 2015.

## **11. ANEXOS**



# VANT SOLVENDUS

## MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA AERONAVE



01 DE FEBRERO 2016

(Esta pagina en blanco)

## INDICE DE SECCIONES

<b>GENERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>INSPECCIONES.....</b>	<b>2</b>
<b>MOTOR.....</b>	<b>3</b>
<b>ESRUCTURAS.....</b>	<b>4</b>
<b>HELICE.....</b>	<b>5</b>
<b>REPARACIONES.....</b>	<b>6</b>
<b>SISTEMAS.....</b>	<b>7</b>
<b>PINTURAS Y MARCAS.....</b>	<b>8</b>

## AVISOS DE NOTA, PRECAUCIÓN Y SEGURIDAD

A lo largo de este manual, se presentan iconos que permiten al operador encontrar información importante.

### 1.1.1 Aviso de nota

Si parece este aviso indica que el operador debe de tener en cuenta algún procedimiento.

**NOTA**

### 1.1.2 Aviso de precaución

Precaución → Este aviso indica que puede presentarse un peligro.

**PRECAUCIÓN**

### 1.1.3 Aviso de advertencia

Este aviso indica que es una situación altamente peligrosa, que puede incurrir en la muerte del personal.

**ADVERTENCIA**



**LISTA DE PAGINAS**









<b>Pagina</b>	<b>Fecha</b>	2-14	Original	6-7	Original
Portada	Original	2-15	Original	6-8	Original
i	Original	2-16	Original	6-9	Original
ii	Original	2-17	Original	6-10	Original
iii	Original	2-18	Original		
iv	Original	2-19	Original	7-1	Original
		2-20	Original	7-2	Original
		2-21	Original	7-3	Original
1-1	Original	2-22	Original	7-4	Original
1-2	Original			7-5	Original
1-3	Original	3-1	Original	7-6	Original
1-4	Original	3-2	Original		
1-5	Original	3-3	Original	8-1	Original
1-6	Original			8-2	Original
1-7	Original	4-1	Original	8-3	Original
1-8	Original	4-2	Original	8-4	Original
1-9	Original	4-3	Original		
1-10	Original	4-4	Original	Fecha	01/02/16
1-11	Original	4-5	Original	base	
1-12	Original				
1-13	Original	5-1	Original		
1-14	Original	5-2	Original		
1-15	Original	5-3	Original		
1-16	Original	5-4	Original		
1-17	Original	5-5	Original		
		5-6	Original		
2-1	Original	5-7	Original		
2-2	Original	5-8	Original		
2-3	Original	5-9	Original		
2-4	Original	5-10	Original		
2-5	Original	5-11	Original		
2-6	Original	5-12	Original		
2-7	Original				
2-8	Original	6-1	Original		
2-9	Original	6-2	Original		
2-10	Original	6-3	Original		
2-11	Original	6-4	Original		
2-12	Original	6-5	Original		
2-13	Original	6-6	Original		

# 1. GENERAL

## Introducción del capítulo







Este capítulo del MMA contiene información principal para llevar acabo el mantenimiento de la aeronave, como lo son los alcances, seguridad, definiciones, datos del VANT y documentos necesarios en el mantenimiento.

La sección general del AMM contiene:

-  Alcances
-  Seguridad
-  Documentos de referencia
-  Definiciones y abreviaciones
-  Datos descriptivos
-  Abreviaciones y terminología
-  MMEL
-  Formas.

## Alcances


El AMM está realizado para que el operador conozca la aeronave y pueda realizar un mantenimiento seguro, los alcances son:



-  Mantenimiento de la estructura: Realizado con el fin de predeterminedar la vida útil de la estructura.
-  Inspecciones o Tareas de CK: trabajos programados para realizar un mantenimiento preventivo y eficiente.
-  Información de los sistemas: Se realiza con la necesidad de indicar el “performance” de cada sistema.
-  Sistemas: conocer cómo se realiza el mantenimiento de cada sistema.
-  Pintura y marcas: Este capítulo indica todo lo relacionado con la manera en la cual debe de ser pintada la aeronave y que marcas se utilizan.
-  Los sistemas como motor, celdas fotovoltaicas, hélice y aviónica poseen por parte del fabricante información de mantenimiento, los cuales son anexados al AMM del VANT SOLVENDUS.

## Seguridad

El personal que realice trabajos como reparaciones, chequeos, detección de daños, etc. sobre el VANT, debe de preocuparse por su salud e integridad la cual puede verse en muchas ocasiones comprometida, ya sea por los químicos, el particulado que pueden afectar los ojos o la piel, la falta de protección al manipular la

herramienta, el ruido, los olores ofensivos, las intoxicaciones por las resinas que se trabajan en los materiales compuesto, por ende al trabajar el personal debe utilizar como mínimo los siguientes EPP.

EPP	IMAGEN
ZAPATOS CERRADOS	
OVEROL	
GUANTES DE NITRILO	

GAFAS	
CARETA	

Las imágenes de los EPP, son ilustrativas no necesariamente el operador debe de utilizar los que salen allí

## Documentos de referencia

Los documentos de referencia son aquellos que regulan la elaboración del AMM, y que contienen los requisitos mínimos.

🚦 RAC parte IV Normas de aeronavegabilidad y operación de aeronaves:

- Apéndice A Capítulo 1.
- 
- Apéndice B Capítulo 1.
- Apéndice D Capítulo 1.

🚦 FAR 23.

## Abreviaturas, glosario y símbolos

### Abreviaturas

AFM	Aircraft Flight Manual
AMM	Aircraft Maintenance Manual
ASTM	American Society for Testing and Materials
CAD	Computer-Aided Design
CMTC	Centro de Manufactura y Textiles en Cuero
EPP	Elementos de Protección Personal
FAA	Federal Aviation Administration
FAR	Federal Aviation Regulations
GPS	Global Positioning System
ISA	International Standard Atmosphere
LRU	Line Replaceable Unit
MMA	Manual de Mantenimiento de la Aeronave
MVA	Manual de Vuelo de la Aeronave
MMEL	Master Minimum Equipment List
MSG	Maintenance Steering Group
OACI	Organización de Aviación Civil internacional
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PSA	Pressure Sensitive Adhesive
RAC	Reglamento Aeronáutico Colombiano
RPA	Remotely Piloted Aircraft
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
SARPS	Standards and Recommended Practices
SENA	Servicio Nacional de aprendizaje
SLOG	Short Landing Ground
SLO	Short Landing
STO	Short Takeoff
STOG	Short Takeoff Ground
UA	Unmanned Aircraft
UAS	Unmanned Aircraft Systems
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
VANT	Vehículo Aéreo No Tripulado

**Glosario**

Advertencia	Es una señal que se utiliza para llamar la atención o alertar de un peligro inminente.
Aeronave	Es un tipo de maquina capaz de sustentarse en el aire por sus propios medios, por medio de reacciones entre sus forma y el aire.
ASTM	Por sus siglas en ingles American Society for Testing and Materials, es una asociación que desarrolla normas internacionales
ASTM 3039	Es el método estándar utilizado para hallar las propiedades mecánicas de los materiales compuestos.
Autónomo	Es una palabra utilizada en los UAS que indican que la aeronave no necesita de operación humana durante la misión.
Bllede	Tela que se encarga de absorber la resina restante.
Breather	Tela que se encarga de envolver la pieza durante el vacío.
Cuerda	Es la longitud que existe entre el borde de ataque y el borde de fuga de un perfil aerodinámico.
Desempeño	Son las capacidades que tiene una aeronave que le permiten cumplir o llevar acabo la misión para la que está diseñada, estas capacidades son perturbadas por el medio donde se encuentre la aeronave
Eje longitudinal	Es un eje que indica la mitad de la aeronave en el plano horizontal
Emergencia	Es el motivo justificado por el cual se puede decir que la aeronave en este caso se encuentra amenazado bajo un peligro
Envergadura	Longitud que existe entre las puntas del ala.
FAR 23	Es la regulación de la FAA que indica los estándares de aeronavegabilidad para las aeronaves de categoría normal, utilitaria y acrobática
Fatiga	Es un fenómeno que experimentan los materiales que se exponen a cargas dinámicas, que conlleva a la ruptura de los mismos.
Grieta	Es un espacio que tiene expansión longitudinal causada por efectos naturales con muy poco anchor.
Hendidura	Es una grieta con mayor profundidad
Holgura	Es el espacio sobrante que existe entre dos cosas que encajan.
inspección	Es un método de exploración utilizado para identificar y evaluar.
Línea de dato	La línea datum es un punto de referencia con el cual se podrá sacar el CG de la aeronave. Esta línea usualmente está ubicada en la nariz de la aeronave y desde allí se toma las distancias horizontales de la ubicación de las cargas.

Línea de referencia	La línea de referencia es un eje imaginario ubicado aguas abajo de la aeronave con el fin de ubicar el CG sobre el plano vertical.
Mantenimiento	Aquellas actividades como cambiar, inspeccionar, revisar, reparar; con el fin de mantener la vida útil de la aeronave
Manual de mantenimiento	Documento en el cual se describen los procedimientos de reparación, tiempos de vida, procedimientos de ensambles y desensambles, procedimientos de mantenimiento en tierra para la aeronave.
Manual de vuelo	Documento en el cual se describen los procedimientos de los sistemas, límites, desempeño, emergencia que requiere el operador para volar la aeronave.
Materiales compuestos	Es un tipo de material que resulta de la unión de dos o más materiales con el fin de crear un material con capacidades singulares, con propiedades mecánicas y químicas excelentes en la fabricación de aeronaves.
Nota	Es una señal que se utiliza para indicar algo importante.
Peel ply	Tela que se encarga de pulir la superficie de la pieza que se le aplica el vacío.
Peso	Es la medida fuerza que actúa sobre un objeto a causa de la gravedad
Precaución	Es una señal que se utiliza para prevenir un daño o un peligro.
Prueba	Es la acción que se realiza para examinar la veracidad de algo.
Radiación solar	Es el efecto electromagnético emitido por el sol.
Relación de Aspecto	Es la relación que existe entre la envergadura y el área del ala de la aeronave.
Relación de Taperado	Es la relación entre la cuerda de raíz y la cuerda de punta del ala.
Servicio	En aviación son todas aquellas actividades que se le prestan a la aeronave cuando esta se encuentra ya sea en tierra o en el aire.
Sustentación	Es la medida de fuerza que actúa sobre un objeto a causa del paso de un fluido como el aire, en el cual se crea una diferencia de presiones que permite sustentar la pieza.
Tarea	Son aquellas actividades que se llevan a cabo, en determinado tiempo bajo procedimientos ya planteados.
Techo de servicio	Es la altitud máxima a la que la aeronave puede volar por diseño.

**Símbolos**

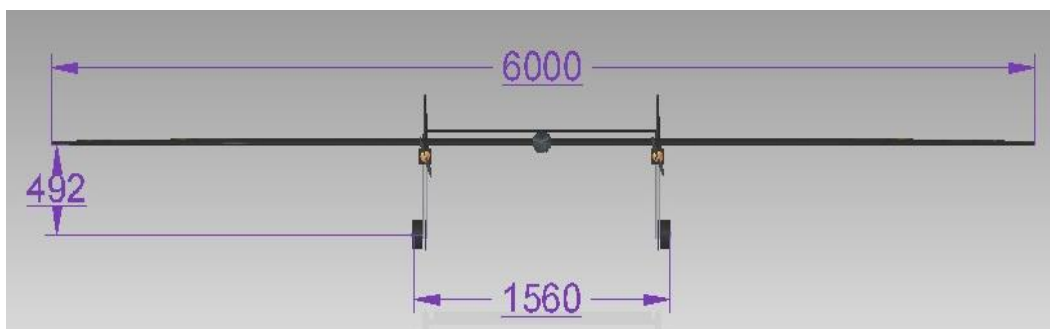
°C	Celsius
°F	Fahrenheit
A	Amperios
a.m.	Antes meridiano
AC	Corriente alterna
AD	Corriente directa
CG	Centro de gravedad
Cl	Coeficiente Lift
D	Drag
fpm	Foot per minutes
ft	Foot
g	Gramo
G	Gravedad
GW	Gross Weight
h	Hora
in	Pulgada
Kg	Kilogramo
Knots	Nudos
L	Lift
m/s	Metros por segundo
mA	Miliamperios
min	Minuto
ml	Mililitro
mm	Milímetro
n_lim	Factor de carga limite
nm	Nautical mile
oz	Onza
P	Potencia
p.m.	Pasado meridiano
PSI	Pound Square inch
RPM	Revoluciones Por minuto
RX	Recepción
S	Superficie alar
seg	Segundo
T	Thrust
Tx	Transmisión
V	Voltios
V1	Decistion Speed
VA	Design maneuvering speed.
VC	Design cruise speed,
VD	Design diving speed



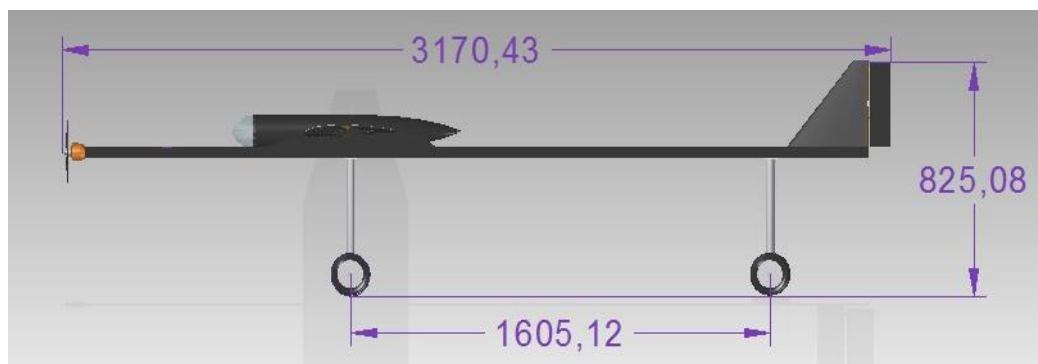
VMC	Minimum control speed.
VNE	Never exceed speed
VNO	Maximum structural cruising speed
VR	Rotation speed
VS	Stall speed
VSO	Stall speed in landing configuration
VX	Speed that will allow for best angle of climb
VY	speed that will allow for the best rate of Climb
W	Weight
$\alpha$	Ángulo de incidencia
$\rho$	Densidad
$\sigma$	Radio de densidad

## Vistas de la aeronave

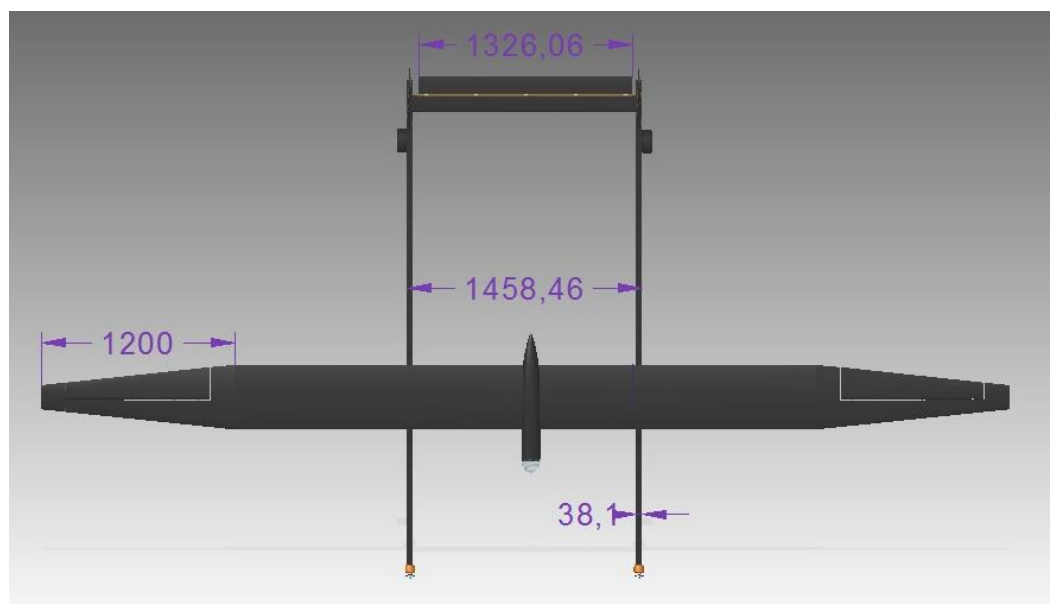
Las unidades de las dimensiones son en mm.



Vista frontal



Vista lateral



Vista Superior

Figura 1.1 Vistas de la aeronave

## Datos descriptivos

La aeronave VANT SOLVENDUS es un Vehículo Aéreo No tripulado, ala alta, propulsada por dos motores eléctricos, tren de aterrizaje de cuatro ruedas, empenaje tipo H, piloteada a control remoto, clasificación tipo 1 categoría mini según clasificación OTAM, ver tabla 1, fabricada en materiales compuestos (fibra de carbono y fibra de vidrio) en estructuras tipo Sándwich, la planta motriz, los sistemas de navegación y el movimiento de las superficies de control son alimentadas por celdas fotovoltaicas. Su misión principal es el reconocimiento visual.

## Motor

La aeronave VANT SOLVENDUS es propulsada por dos motores eléctricos referencia AXI 5345/16 HD Gold line, seleccionado ya que su alta potencia con bajo consumo de electricidad hace un motor eficiente para la aeronave. Las especificaciones generales del motor son:

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Numero de motores	2
Nº de células	8-12 Li-Poly
RPM / V	195 RPM / V
Max. eficiencia	94%
Max. eficiencia actual	30-75 A (> 85%)
Sin corriente de carga / 30 V	2,1 A
Capacidad actual	90 A / 20 s
Resistencia interna	34 m/ohmios
Dimensiones (diámetro. X largo)	63x81 mm
Diámetro del eje	8 mm
Peso con cables	995 g

**Hélice**

La hélice de la aeronave es de referencia XOASR 2210. Está construida en resina epoxi con un laminado de fibra de carbono tipo esqueleto.

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Numero de hélices	2
Palas	2
Diámetro.	22 in
Pitch	1 in
Diámetro del agujero	10mm
Peso	135g
Diámetro del eje	8 mm
Peso con cables	995 g

**Dimensiones básicas**

Las dimensiones básicas son medidas para determinar la forma y el tamaño de la aeronave.

**Longitudes**

Dimensión	Valor (cm)	De donde fue tomada	Valor (cm) medición del avión
<b>Longitud</b>	317,28	CAD	320
<b>Altura</b>	83	CAD	83
<b>Envergadura</b>	600	CAD	600

**Área**

Dimensión	Valor (cm²)	De donde fue tomada
<b>Ala</b>	21000	Ibid., herrera, silva, tellez. Pa21

## Relaciones

Dimensión	Valor	De donde fue tomada
AR	17,14	Ibid., herrera, silva, tellez. Pa21
Relación de Taperado	0,375	Ibid., herrera, silva, tellez. Pa21

**Lista de equipos mínimos de la aeronave.**

El VANT SOLVENDUS tiene una serie de equipos con los cual lleva a cabo la misión para la cual está diseñado, si hace falta uno de los equipos el operador puede ir esta lista y observar si está evaluado la operatividad de la aeronave sin ese componente.

LISTA DE EQUIPOS MÍNIMOS			
AERONAVE VANT SOLVENDUS	NUMERO DE REVISIÓN 1 FECHA		FULL
SISTEMA, Y NUMERO DE ÍTEM DE SECUENCIA	2. NUMERO DE INSTALADOS		
		3. NUMERO REQUERIDO PARA DESPACHO	
		4. OBSERVACIONES Y EXCEPCIONES	
22. PILOTO AUTOMÁTICO			
APM2.8 Flight Controller	1	1	puede estar inoperativo todo el sistema siempre y cuando la aeronave tenga en funcionamiento el sistema de control de servos y superficies de control mediante radio control
Autopilot voltage and current sense breakout - 90A	1	1	
24. SISTEMA ELÉCTRICO			

Conectores 4mm bullet	2	0	Si por algún caso el conector se encuentra en daño, puede la aeronave salir siempre y cuando, garantice la unión segura de los dos cables, con soldadura.
Extensiones heavy duty	3	3	Es obligatorio el uso de la extensiones para la operación de la aeronave
ZIPPY Compact 5800mAh 5S 25C Lipo Battery	4	4	Es obligatorio el uso de las baterías para la operación de la aeronave
eRC 115A Brushless Programmable ESC w/SBEC	4	4	Es obligatorio el uso dl componente para la operación de la aeronave
Turnigy nano-tech 6000mah 3S 25~50C Lipo Pack	2	2	Es obligatorio el uso de las baterías para la operación de la aeronave
Radio control Futaba	1	1	Es obligatorio el uso del RC para la operación de la aeronave
25. EQUIPO Y ACCESORIOS			
GoPro HERO Camera	1	0	La aeronave puede salir a vuelo sin el componente.
Crius MAVLink-OSD V2.1	1	1	Es obligatorio el uso del componente para la operación de la aeronave
Crius Power Module	1	1	Es obligatorio el uso del componente para la operación de la aeronave
RC7.2-75 PSA	1	1	Es obligatorio el uso del componente para la operación de la aeronave
27. CONTROLES DE VUELO			
Micro servo	4	4	La aeronave no puede operar sin los servos de control de vuelo
Servos estándar Futaba S3152	4	4	
Servos de alto torque Futaba S9151	4	4	

32. TREN DE ATERRIJAJE			
Llantas 6" bajo peso caucho	2	2	la aeronave no puede operar sin las llantas del tren de aterrizaje
Llantas 3-1/4" bajo peso en caucho	2	2	
34. NAVEGACIÓN			
NEO-M8N GPS module	1	1	Salvo que la aeronave navegue bajo LOS por el piloto, todos los componentes pueden encontrarse inoperativos.
3DR 433Mhz Radio Wireless Telemetry Kit	1	1	
Gyro breakout Board - LPY503AL Dual 30°/s	1	1	
FTDI Basic Breakout - 3.3V	1	1	
APM 2,6 Set	1	1	
Xtend 900 1W - 40 mile range	1	1	
61. HÉLICES Y ROTORES			
Xoar 22x10 PJT Hollow Carbon Fiber Propeller	2	2	Si las hélices se encuentran defectuosas, la aeronave no podrá operar.
71. PLANTA MOTRIZ			
Engine AXI 5345/16 HD Gold Line	2	2	Si los motores se encuentran defectuosos, la aeronave no podrá operar.

## Formas


Las formas son documentos en los cuales son consignados los reportes del mantenimiento, fallas, desempeño de partes, incidencias.

Figura 1.2 Forma reporte de incidente



FORMA REPORTE MANTENIMIENTO			
Fecha del reporte		Serie número de la aeronave	
Horas de vuelo		lugar del incidente	
Sección del manual	<input type="checkbox"/> 0. Introducción <input type="checkbox"/> 1. General <input type="checkbox"/> 2. Inspecciones <input type="checkbox"/> 3. Estructuras <input type="checkbox"/> 4. Motor <input type="checkbox"/> 5. Hélice <input type="checkbox"/> 6. Sistemas <input type="checkbox"/> 7. Aviónica <input type="checkbox"/> 8. Sistema Eléctrico <input type="checkbox"/> 9. Pintura		Notas
Numero de pagina			
Descripción		Fotos	
INFORMACIÓN DEL CONTACTO			
PROPIETARIO			
DIRECCIÓN			
CIUDAD			
TELÉFONO			
CORREO ELECTRÓNICO			

Figura 1.3 Forma reporte de mantenimiento



**Los Libertadores**  
Fundación Universitaria

**FORMA REPORTE DE PROBLEMA**

Fecha	Día	Mes	Año
Modelo	VANT SOLVENDUS		
S/N			
Tiempo en servicio	Horas:		
Propietario			
Locación/teléfono			

**Descripción del problema, sistema afectado, incluya teléfonos**


**Solución al problema, lista de partes, tiempo estimado, incluya fotos**


**Reportes relatados, documentos, recomendaciones**


Figura 1.4 Forma reporte de problema

## 2. INSPECCIONES

### Introducción del capítulo

En este capítulo del manual se desea mostrar información principal del mantenimiento periódico o programado, procedimientos de peso y balance, servicios, y el IPC básico de la aeronave.

### Limpieza y lavado de la aeronave

Para predeterminar la vida útil de la aeronave es necesario realizar una limpieza y un lavado, después de cada vuelo y cada 50 horas

Para las superficies de la aeronave que son en polímero y fibra de carbono se escogió el agente limpiador SILF 27 ya que no contiene fenoles, cromatos ni fosfatos. Las proporciones de agente limpiador que se utiliza depende del volumen de la pieza según ficha técnica del agente (ver anexo 2).

Para limpiar la superficie se escogieron los paños de microfibra Scotch –brite.

Para las superficies de la aeronave que son en vidrio o acrílico se escogió el agente limpiador TF#17.



Figura 2.1 productos de limpieza

**Limpieza Post-vuelo****1. Limpie las palas de la hélice.****Productos**

- Agua.
- SILF 27.
- Paños de micro-fibra Scotch-brite light duty cleasing pad 7445.

**Procedimiento**

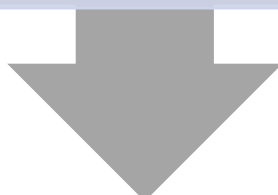
- Disuelva 1 ml de SILF-27 con 220 ml de agua.
- Aplique el producto sobre la hélice con un Paño de micro-fibra Scotch-brite light duty cleasing pad 7445.
- Deje actuar el producto de 2 a 4 minutos dependiendo de la cantidad de grasa de la hélice.
- Enjuague la hélice con abundante agua hasta retirar por completo el producto.

**2. Limpie los bordes de ataque****Productos**

- Agua.
- SILF 27.
- Paños de micro-fibra Scotch-brite light duty cleasing pad 7445.

**Procedimientos.**

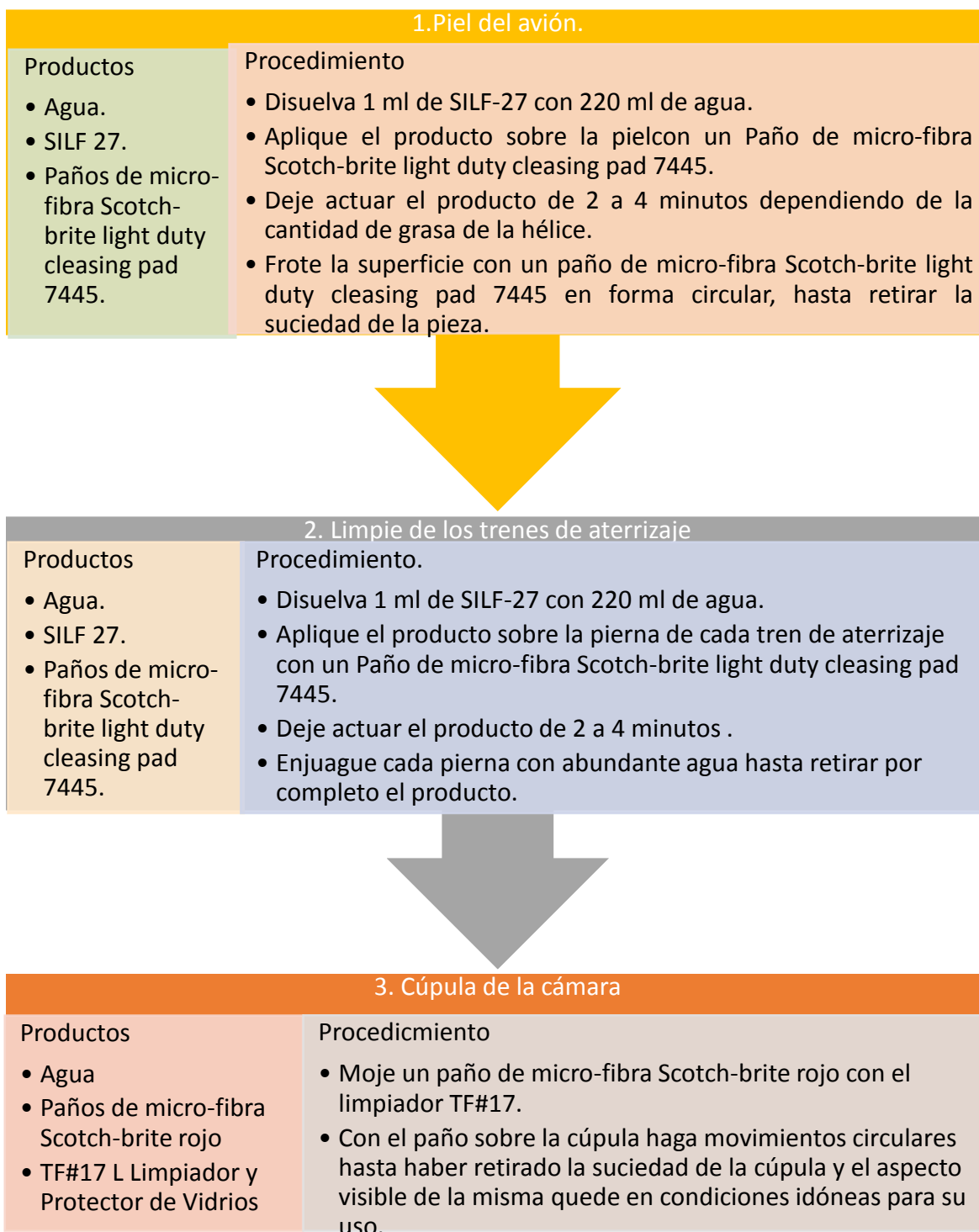
- Disuelva 0,25 ml de SILF-27 con 55 ml de agua.
- Aplique el producto sobre la piel de la aeronave con un paño de micro-fibra Scotch-brite light duty cleasing pad 7445
- Deje actuar el producto de 2 a 4 minuto
- Frote la superficie con un paño de micro-fibra Scotch-brite light duty cleasing pad 7445 en forma circular, hasta retirar la suciedad de la pieza.

**3. Cúpula de la cámara****Productos**

- Agua
- Paños de micro-fibra Scotch-brite rojo
- TF#17 L Limpiador y Protector de Vidrios

**Procedimiento**

- Moje un paño de micro-fibra Scotch-brite rojo con el limpiador TF#17.
- Con el paño sobre la cúpula haga movimientos circulares hasta haber retirado la suciedad de la cúpula y el aspecto visible de la misma quede en condiciones idóneas para su uso.








**Lavado cada 50 horas**

## Vida útil de la aeronave e inspecciones periódicas

### Vida útil

La vida útil de la aeronave VANT SOLVENDUS de basa en el cumplimiento estricto del MMA y no exceder los límites de operación, de esta manera se mantiene una buena resistencia en la estructura y una buena operación de los sistemas.

La vida útil de la aeronave VANT SOLVENDUS depende de los siguientes factores:

-  La correcta operación de la aeronave.
-  No exceder los límites indicados por el MVA.
-  Cumplir con las inspecciones periódicas.
-  No adicionar cargas a la aeronave y menos repetitivas.
-  Aparcar la aeronave correctamente.
-  Aplicar agentes de cuidado en piezas como la hélice, la bancada.
-  Si la aeronave permanecerá por un tiempo en el cajón, este debe de estar fuera de los rayos de luz y el agua, en un lugar fresco.



### Inspecciones Periódicas

Un sistema de inspección es una guía, realizada ha determinado tiempo, con el fin de que se revise, se remplacen partes, piezas sistemas y/o componentes de la aeronave, para mantenerla en su mejor condición, que por conocimiento previo del fabricante pueden fallar después del tiempo específico

### Inspección TAP

Las inspecciones tipo TAP son una evaluación a la estructura de la aeronave realizada con un martillo de máximo 2 Oz de masa. Es una prueba en la que se golpea la estructura con la moneda y dependiendo del sonido de respuesta se indica si hay o no des-laminación o desunión.

La prueba tiene dos respuestas las cuales son dos tipos de sonidos diferentes:

-  Respuesta acústica → indica que la zona está bien
-  Respuesta plana → indica que puede haber falla.

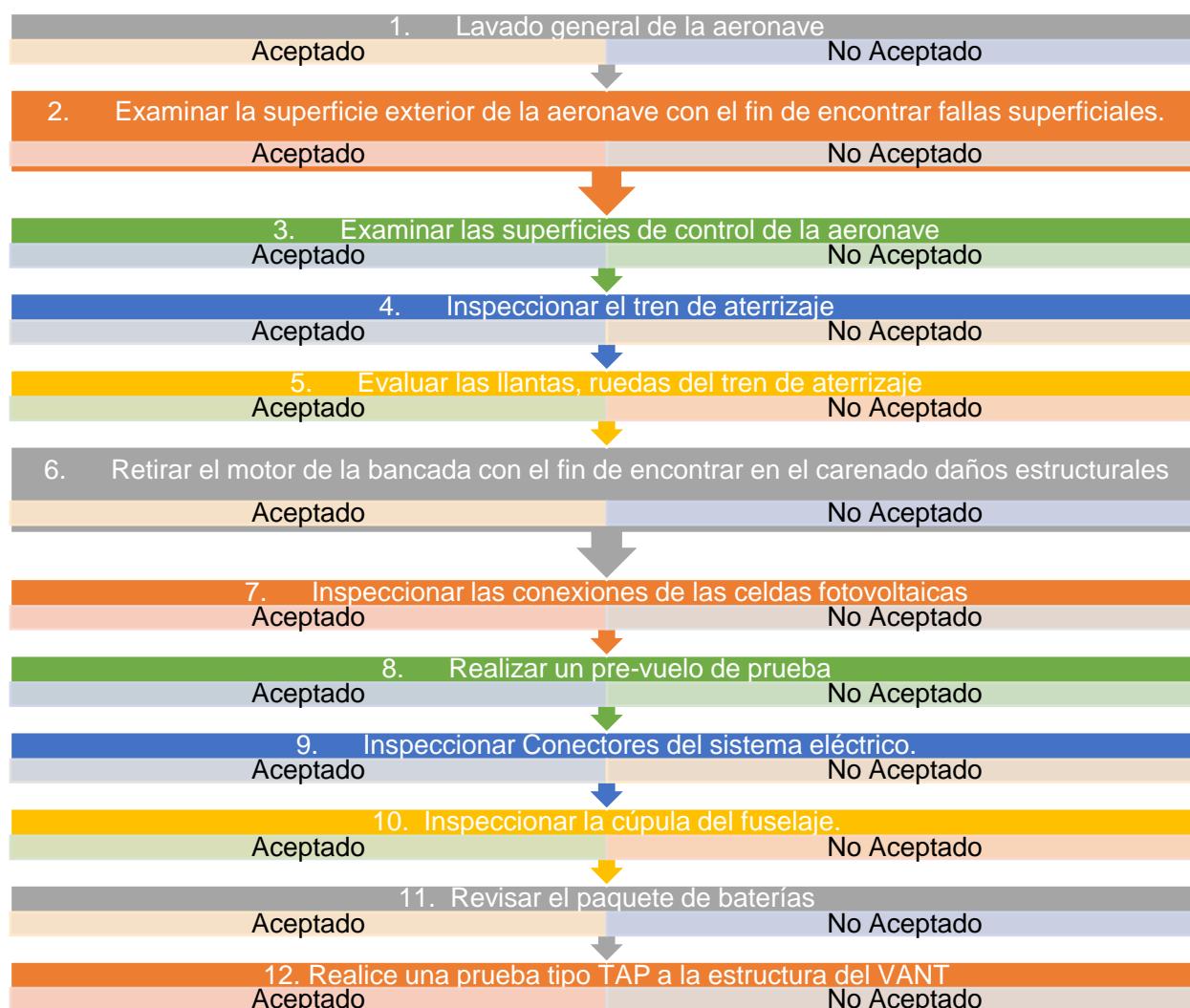
Las inspecciones radiográficas son recomendadas por la FAA para inspeccionar materiales compuestos.

## Inspecciones Prevuelo

El prevuelo es una inspección que realiza obligatoriamente el piloto de la aeronave siguiendo una lista de verificación en la cual se incluye el “walk around” o 360°. Las inspecciones son visuales. El prevuelo para la aeronave VANT SOLVENDUS comprende una lista de chequeo que se encuentra en el Manual de Vuelo de la aeronave (anexo2).

## Inspección cada 50 horas de vuelo

La inspección cada 50 horas para la aeronave VANT SOLVENDUS comprende la siguiente lista de chequeo.

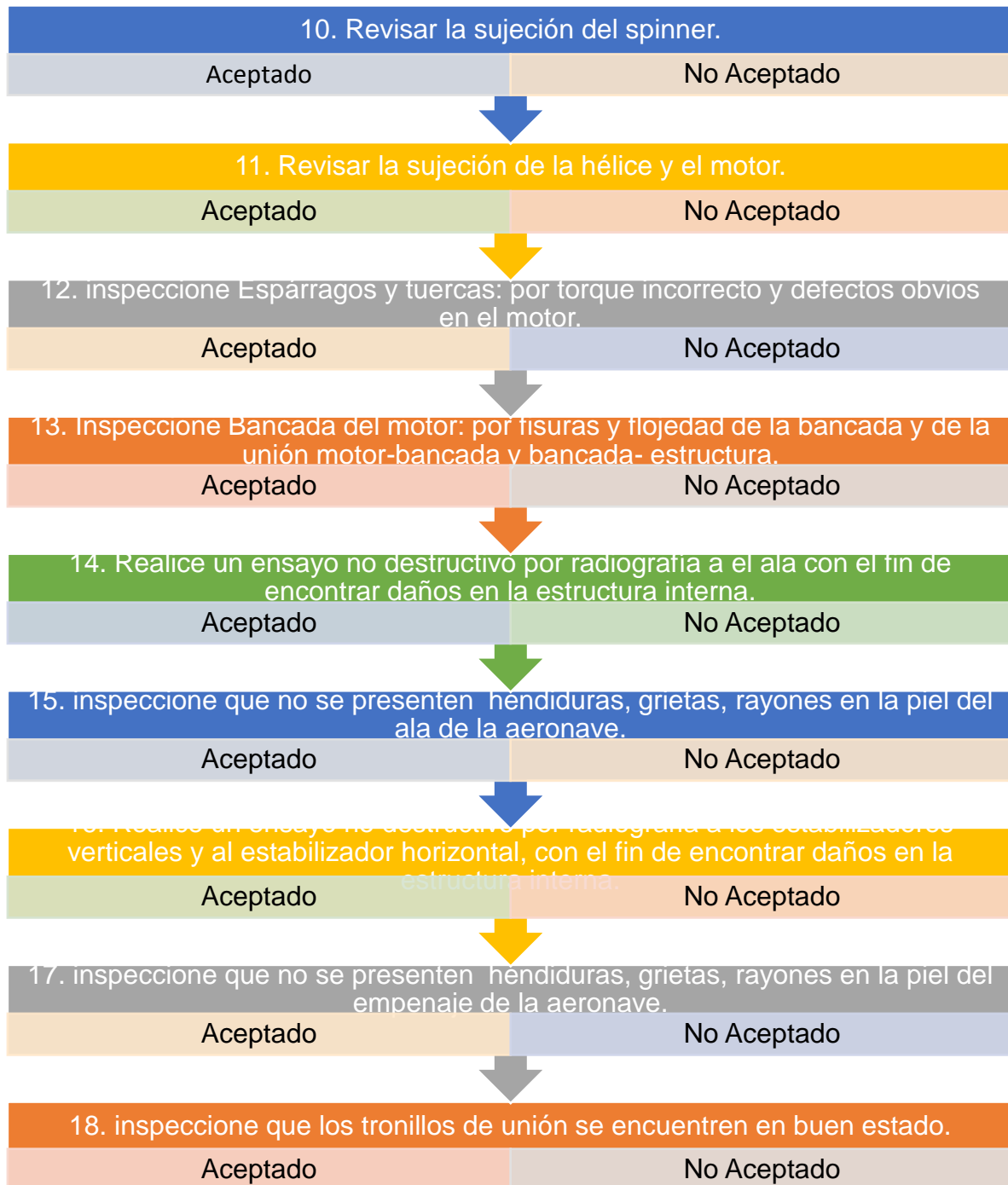


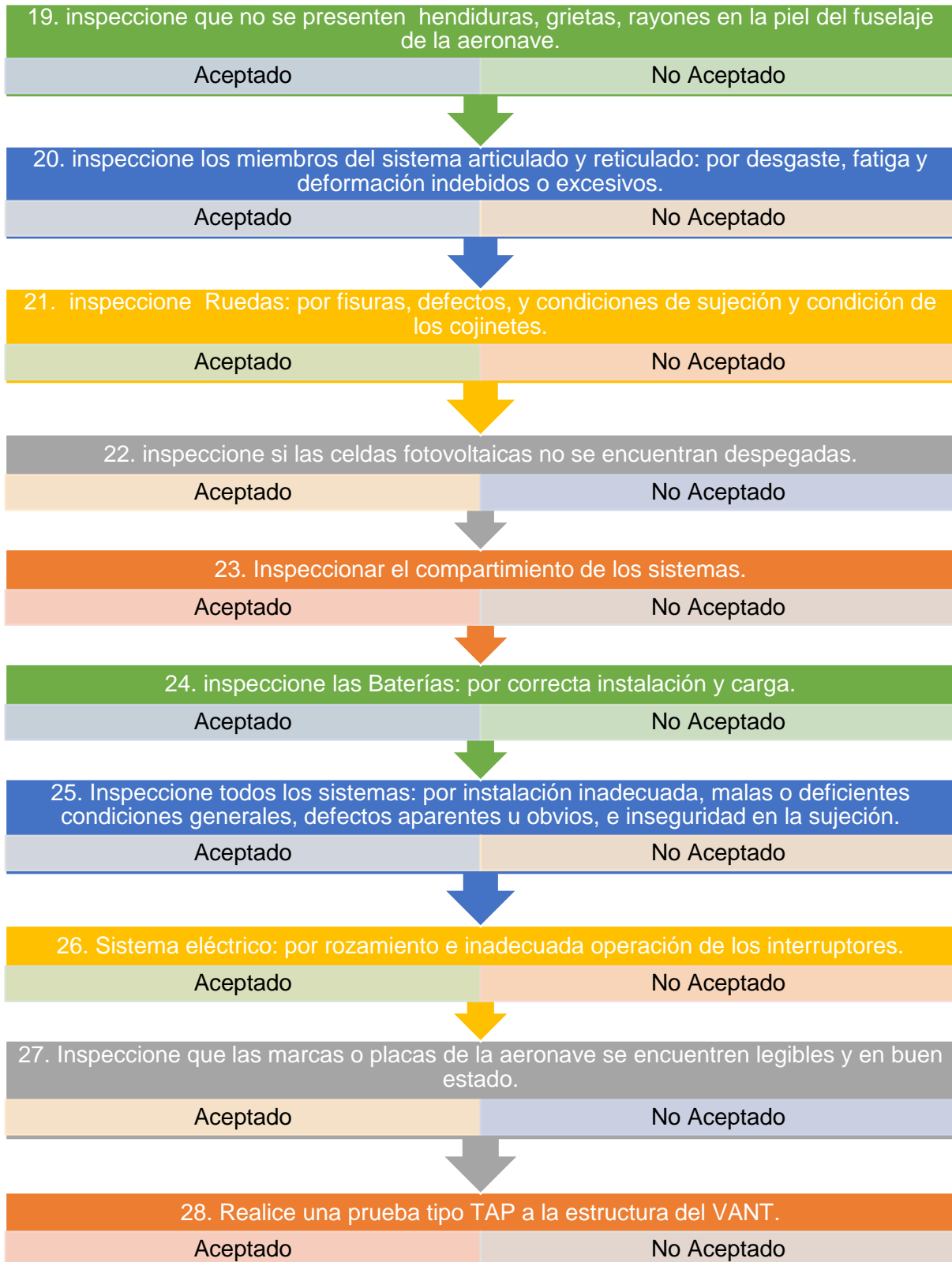
**Inspección cada 100 horas de vuelo.**

La inspección cada 100 horas para la aeronave VANT SOLVENDUS comprende una lista de chequeo.









**Cambios de piezas cada 500, 2000 y 3000 horas de vuelo**

Componente	Tiempo		
	500 horas	2000 horas	3000 horas
Costillas del ala			
Cajas del estabilizador vertical			
Viga principal del ala.			
Tailboom			
Stringers del ala			
Alerones			
Piel del estabilizador horizontal			
Piel de los estabilizadores verticales			
Soportes estabilizadores verticales a los Tailboom			
Piel del ala			
Piel del estabilizador horizontal			
Piel de los estabilizadores verticales			




## Lubricación

Las partes que están en continuo rozamiento necesitan de dicha película proporcionada por lubricantes, el VANT SOLVENDUS al ser una aeronave amigable con el medio ambiente debe de usar productos ecológicos por lo tanto se escoge una grasa ecológica.

Parte	Área de lubricación	Periodo		Lubricante
		Cada 7 horas de vuelo	Cada 25 horas de vuelo	
Alerones	Bisagras	X	X	Grasa lubricante ecológica
Timón de profundidad	Bisagras	X	X	Grasa lubricante ecológica
Tren de aterrizaje	Unión rueda – eje de rotación	X	X	Grasa lubricante ecológica
Timón de cola	Bisagras	X	X	Grasa lubricante ecológica

## Peso y balance

El peso y balance es uno de los procedimientos más importantes para la operación segura de la aeronave, debido a que si se presenta una mala distribución de los pesos y el centro de gravedad no está en el lugar correcto, se ven afectados los siguientes factores

-  Permite el vuelo eficiente de la aeronave.
-  Mantiene la vida útil de la aeronave.
-  Seguridad operacional.

Al respecto del procedimiento para calcular el peso y balance diríjase al Manual de Vuelo de la Aeronave (Anexo 2).

## Catálogo de partes ilustradas

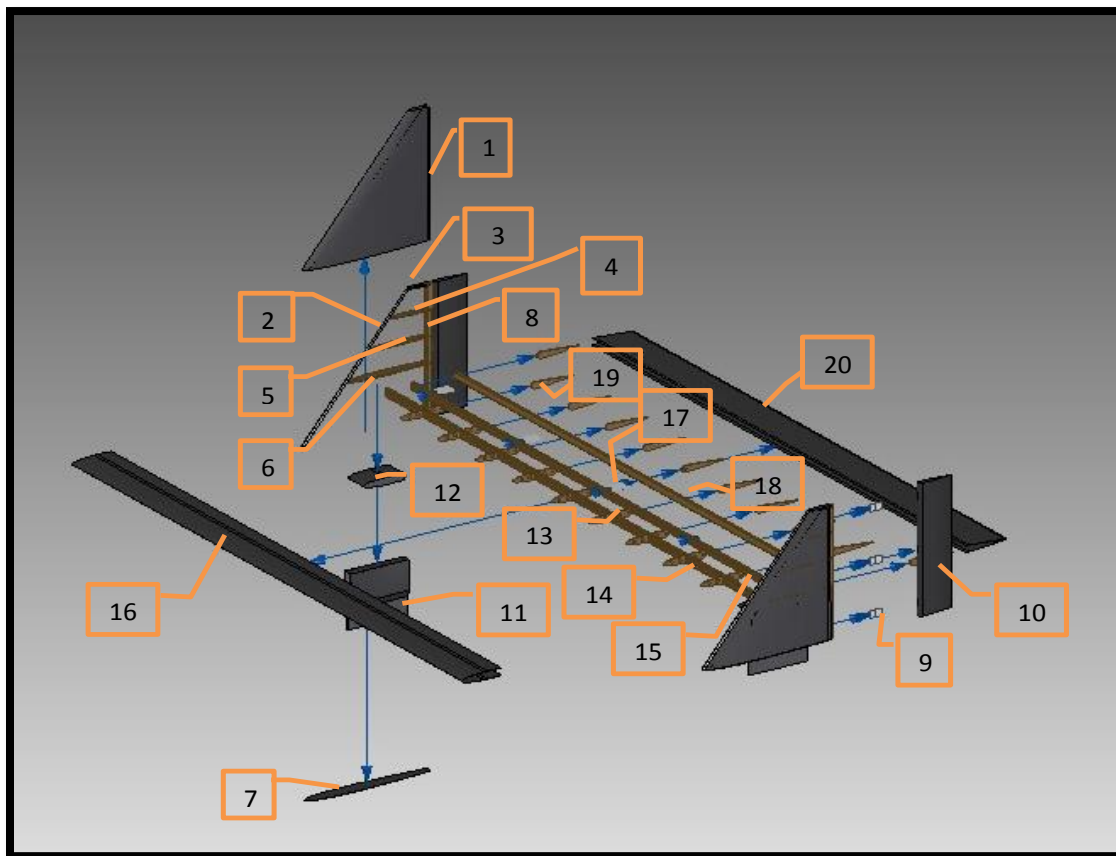
Es un manual que contiene por medio de imágenes información para el mantenimiento de la aeronave, contiene lista de piezas, que permite identificarlas fácilmente.

### Desensambles

#### Desensamble empenaje

En figura 2.1 se observa todas las partes del ensamblaje del empenaje de una forma ilustrativa que permite conocer la estructura y la posición de cada una de las piezas enumerándolas con el fin de identificarlas.

Figura 2-1. Desensamble Empenaje



Fuente: Autores

Convención	P/N	Convención	Cantidad
1	0001	Piel Estabilizador horizontal	2
2	0002	Borde de ataque estabilizador horizontal	2

3	0003	Costilla f	2
4	0004	Costilla e	2
5	0005	Costilla d	2
6	0006	Costilla c	2
7	0007	Costilla a	2
8	0008	Eje estabilizador horizontal	2
9	0009	Bisagra aeromodelismo	6
10	0010	Timón de cola	2
11	0011	Soporte unión ala - tailboom	2
12	0012	Caja alar	2
13	0013	Costilla estabilizador vertical	10
14	0014	Viga estabilizador vertical	1
15	0015	Eje estabilizador vertical	1
16	0016	Piel estabilizador horizontal	1
17	0017	Bisagra alto torque	4
18	0018	Eje timón de profundidad	1
19	0019	Costilla timón de profundidad	10
20	0020	Piel timón de profundidad	1

### Desensamble tailboom

En la figura 2-2 se identifica las partes que van unidas al tailboom y sirven de soporte y sujeción para el que permita conocer la estructura y la posición de cada una de las piezas enumerándolas con el fin de identificarlas.

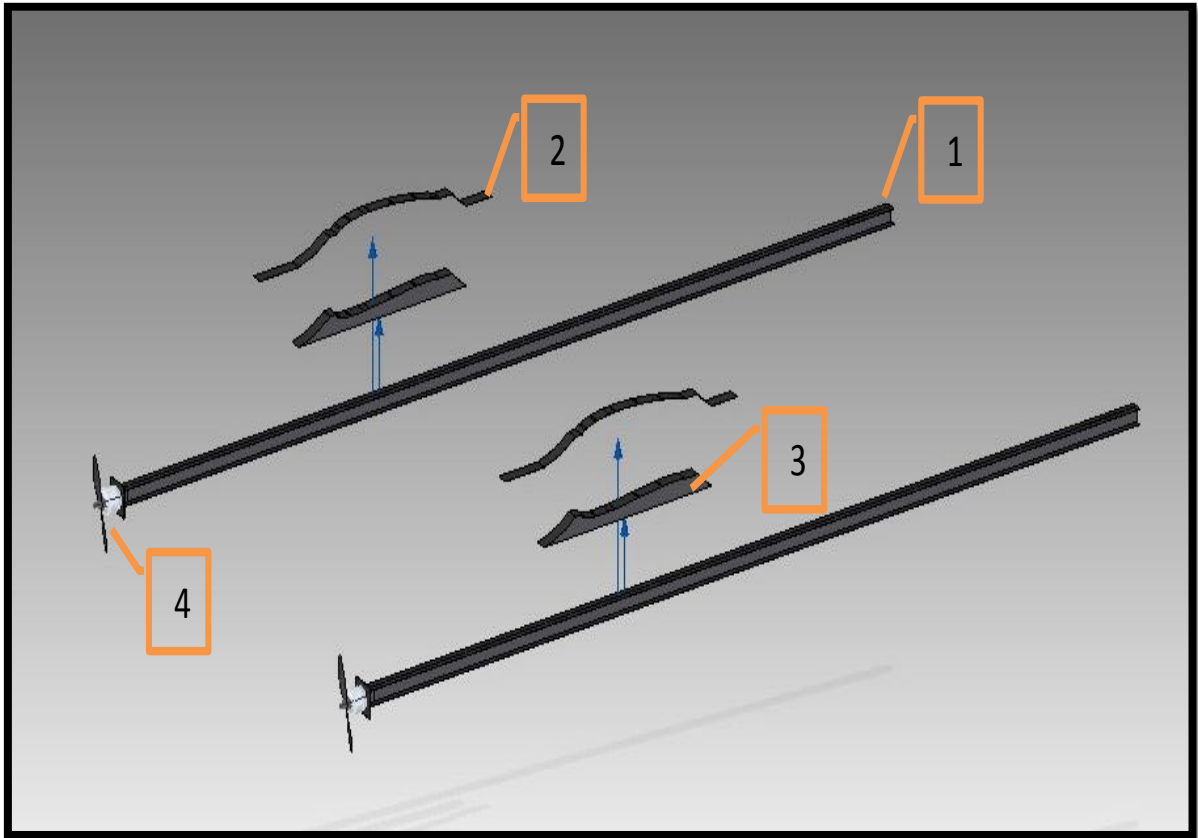


Figura 2-2

Convención	Parte numero	Descripción	Cantidad
1	0021	Tailboom	2
2	0022	Correa de ajuste ala-tailboom	2
3	0023	Soporte ala - tailboom	2
4	0024	Ensamble motor	2

### Desensamble Motor

En la figura 2-3 se encuentra el explosionado de las partes del motor y la hélice ilustrativa que permite conocer la estructura y la posición de cada una de las piezas enumerándolas con el fin de identificarlas.

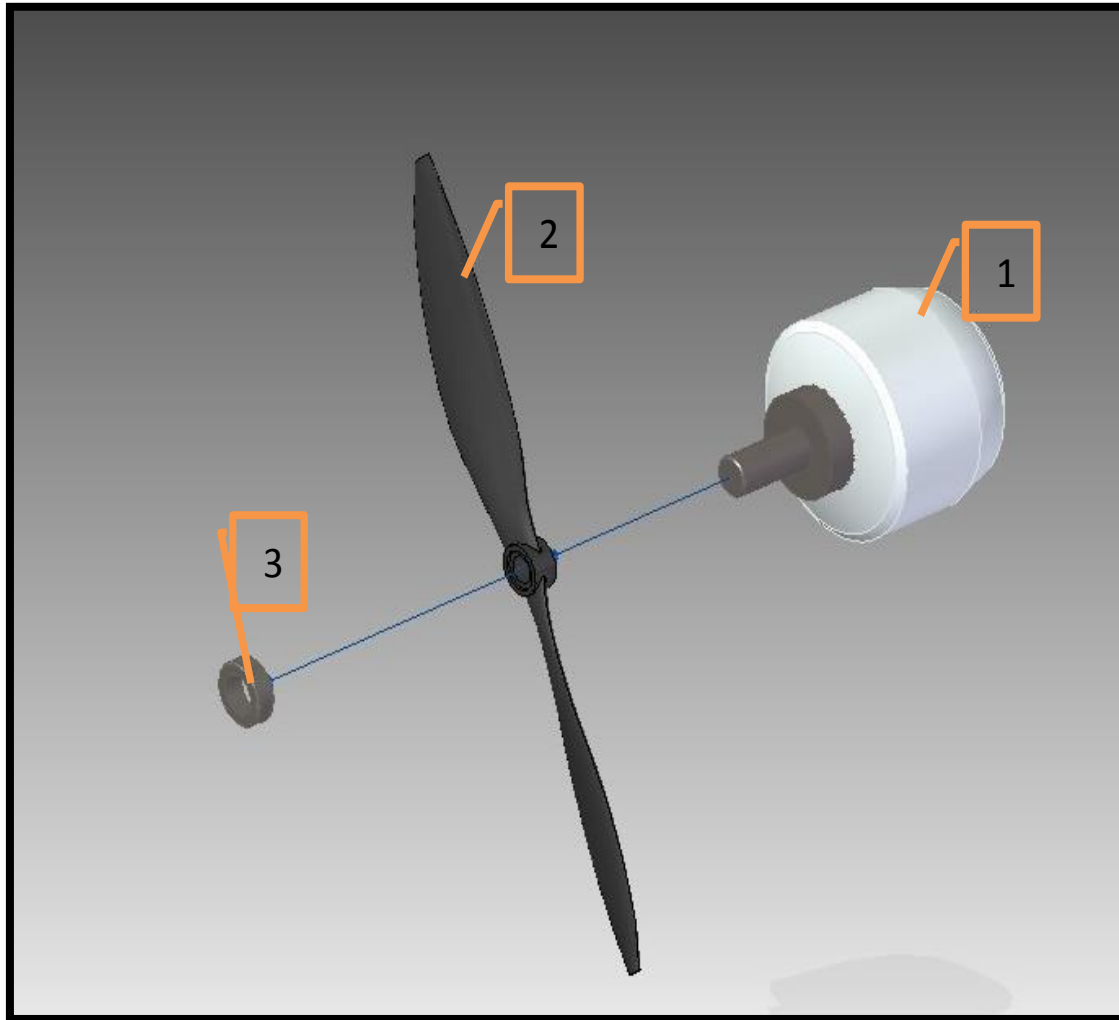


Figura 2-3

Convención	Parte numero	Descripción	Cantidad
1	0025	Motor	2
2	0026	Hélice	2
3	0027	Tuerca	2

### Desensamble Fuselaje

En la figura 2-4 se encuentra el explosionado de las partes del fuselaje que permite conocer la estructura y la posición de cada una de las piezas enumerándolas con el fin de identificarlas.



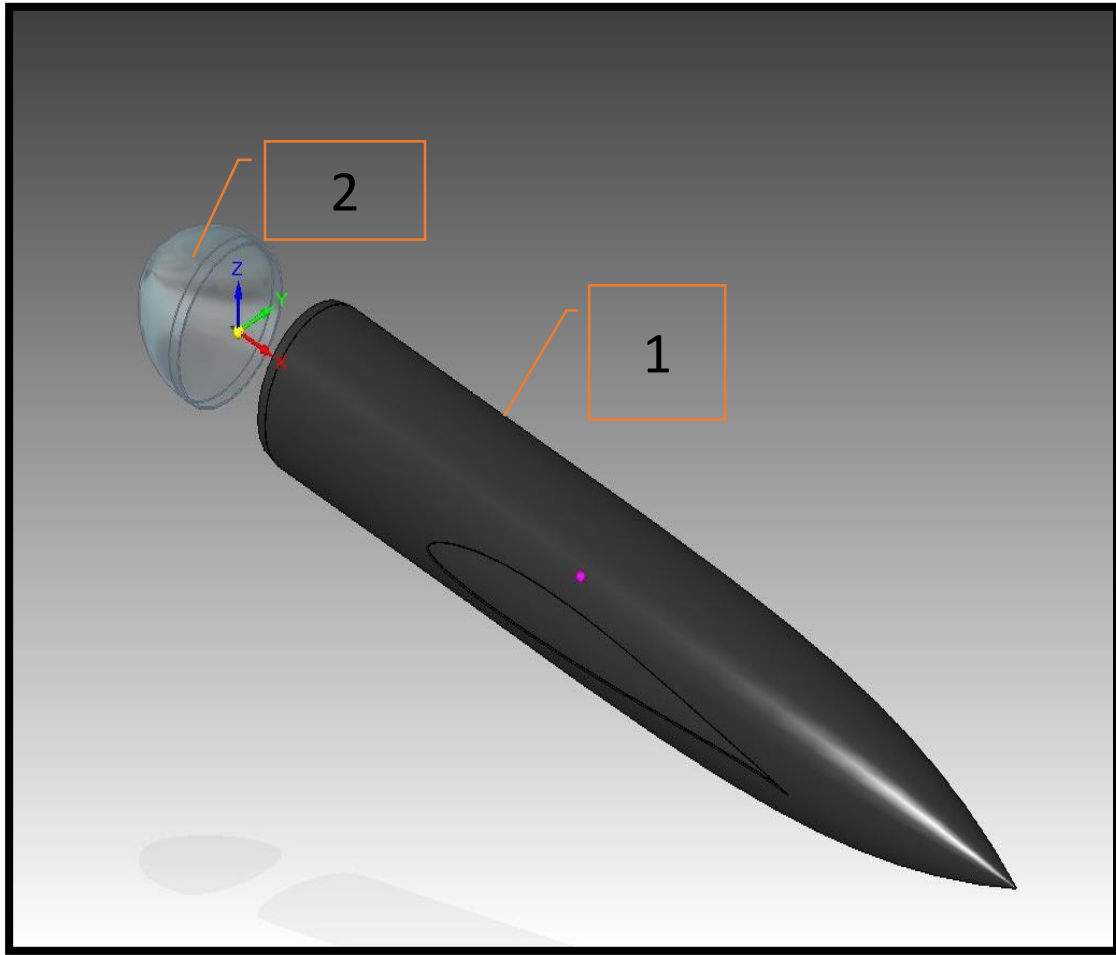


Figura 2-4

Convención	Parte numero	Descripción	Cantidad
1	0028	Fuselaje	1
2	0029	Cúpula	1

**Desensamble ala – tailboom**

En la figura 2-5 se encuentra el ensamble del ala al tailboom con todas sus partes que permite conocer la estructura y la posición de cada una de las piezas enumerándolas con el fin de identificarlas.

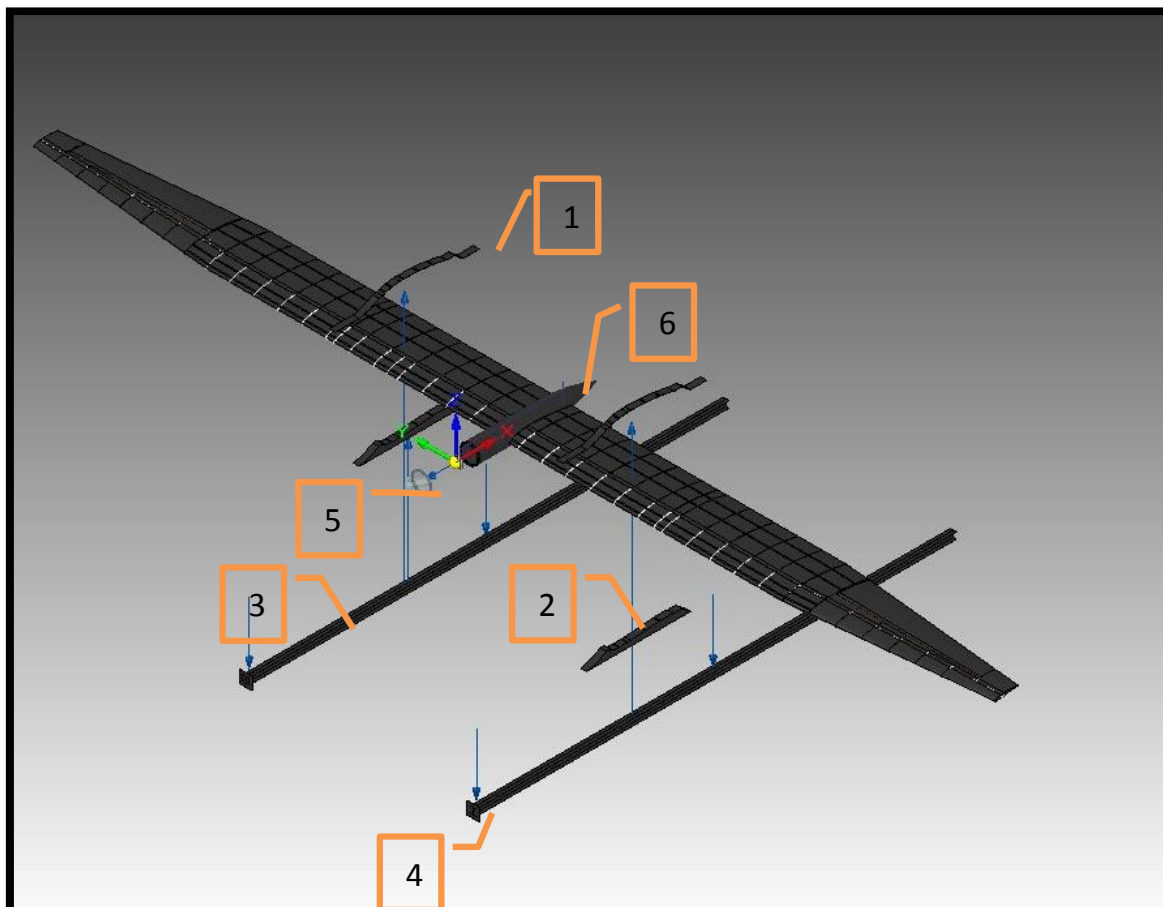


Figura 2-5

Convención	Parte numero	Parte	Cantidad
1	0022	correa ajuste ala-tailboom	2
2	0023	Soporte ala - tailboom	2
3	0021	Tailboom	3
4	0030	Bancada	2
5	0029	Cúpula	2
6	0031	Fuselaje	2

**Desensambla ala**

En la figura 2-6 se encuentra el explosionado del ala con todas sus partes, nombrando cada una de ellas para la fácil detección y su ubicación.

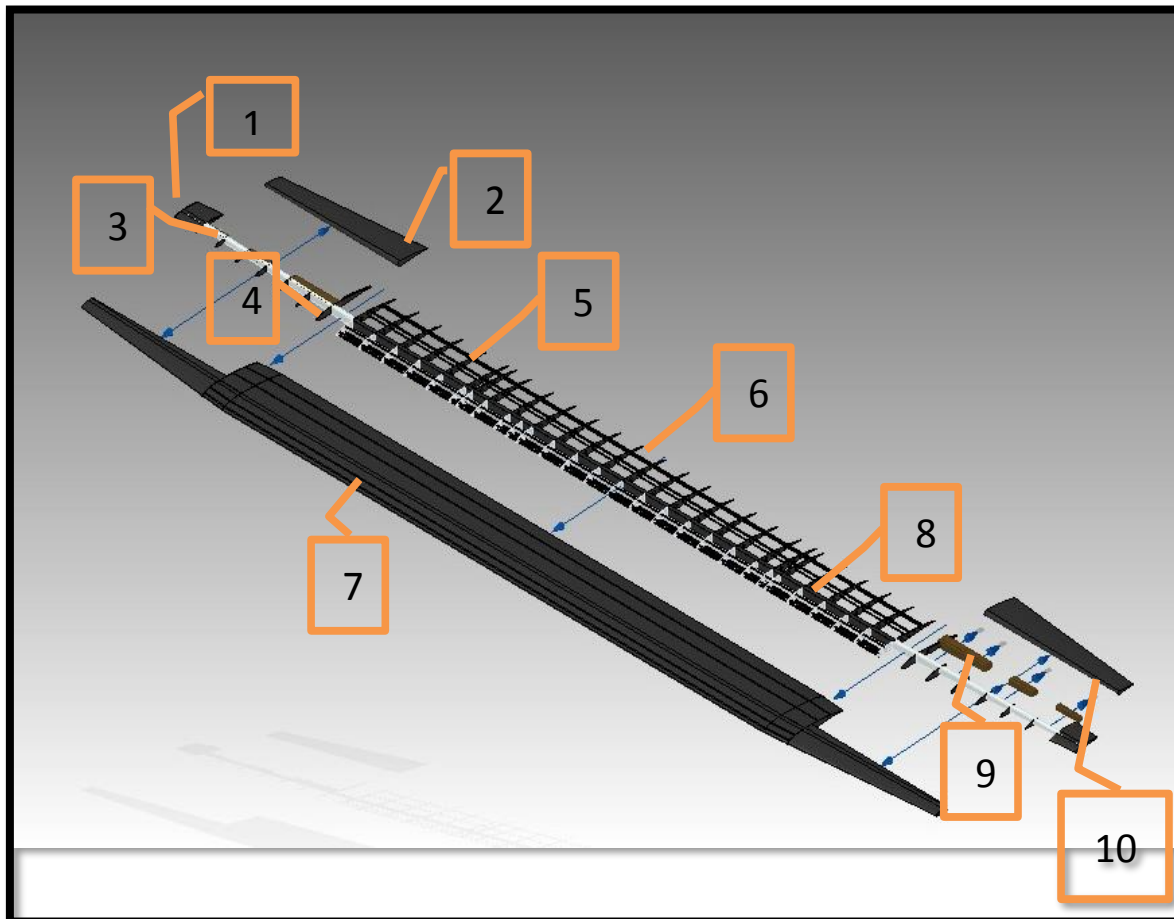


Figura 2-7

Convención	Parte numero	Parte	Cantidad
1	0032	Piel punta del ala	2
2	0033	Alerón	2
3	0034	Viga taperada	2
4	0035	Costilla borde ataque	6
5	0036	Costilla central	26
6	0037	Stringers	4
7	0038	Piel del ala	1
8	0039	Viga central	1
9	0040	Eje rotación del ala	1
10	041	Bisagra alto torque	6

## Partes expuestas

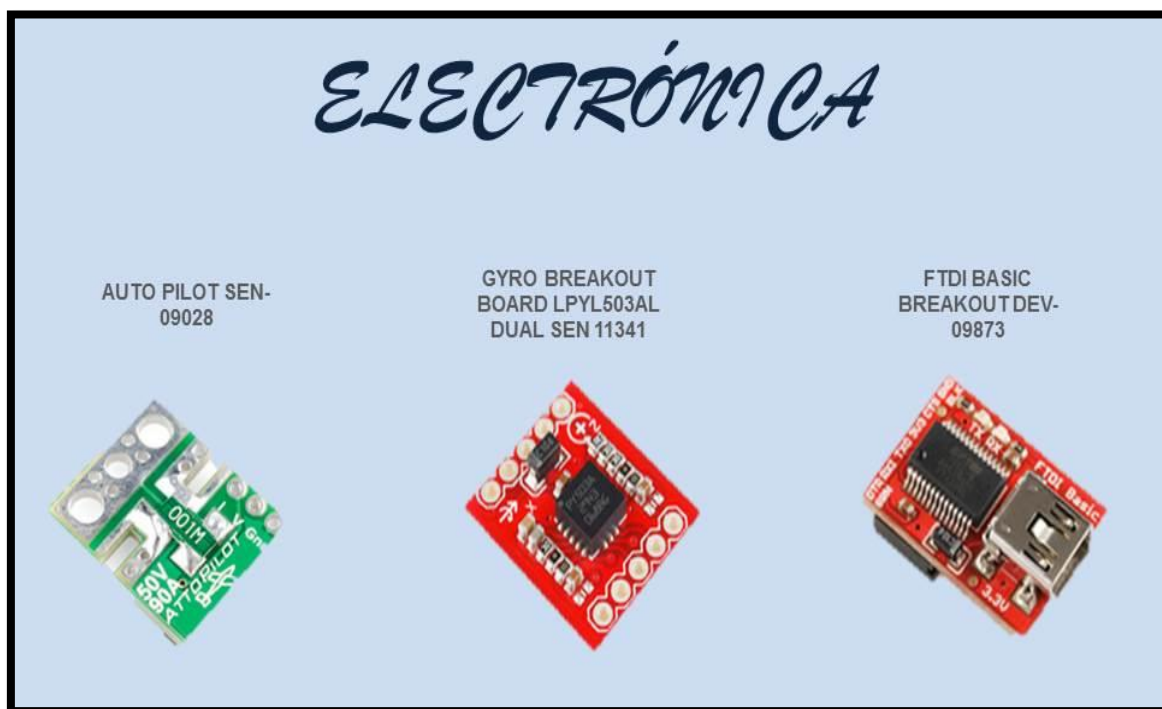


Figura 2-8



Figura 2-0



Figura 2-10

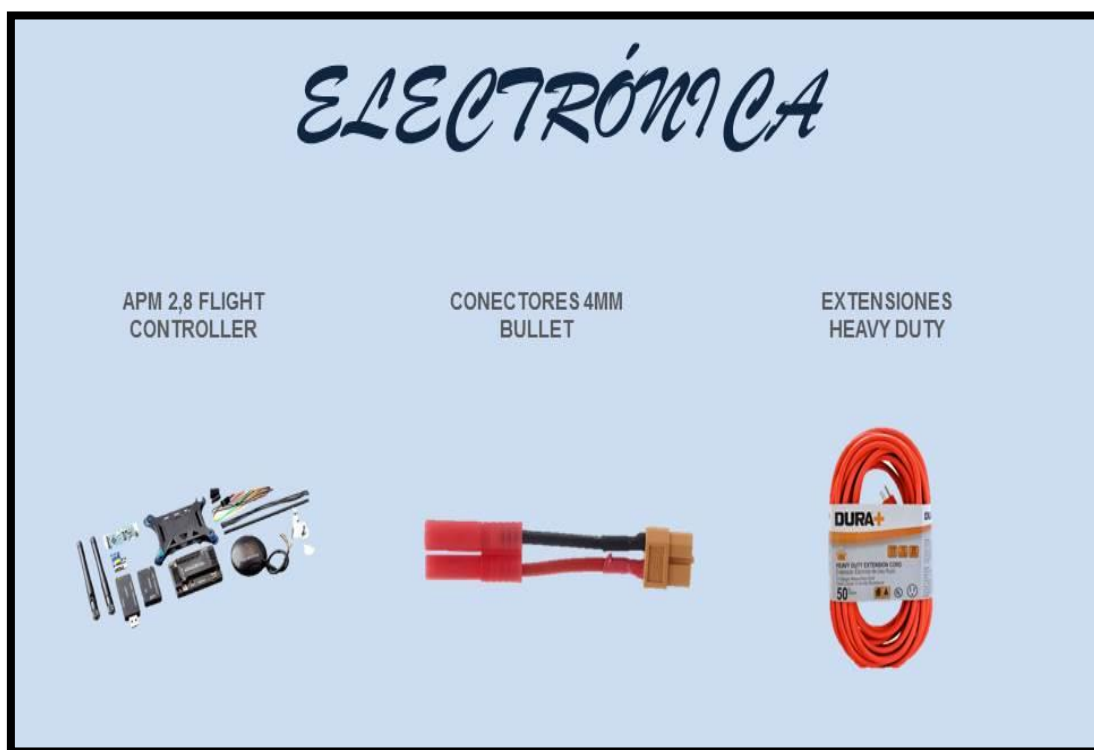


Figura 2-11



Figura 2-12

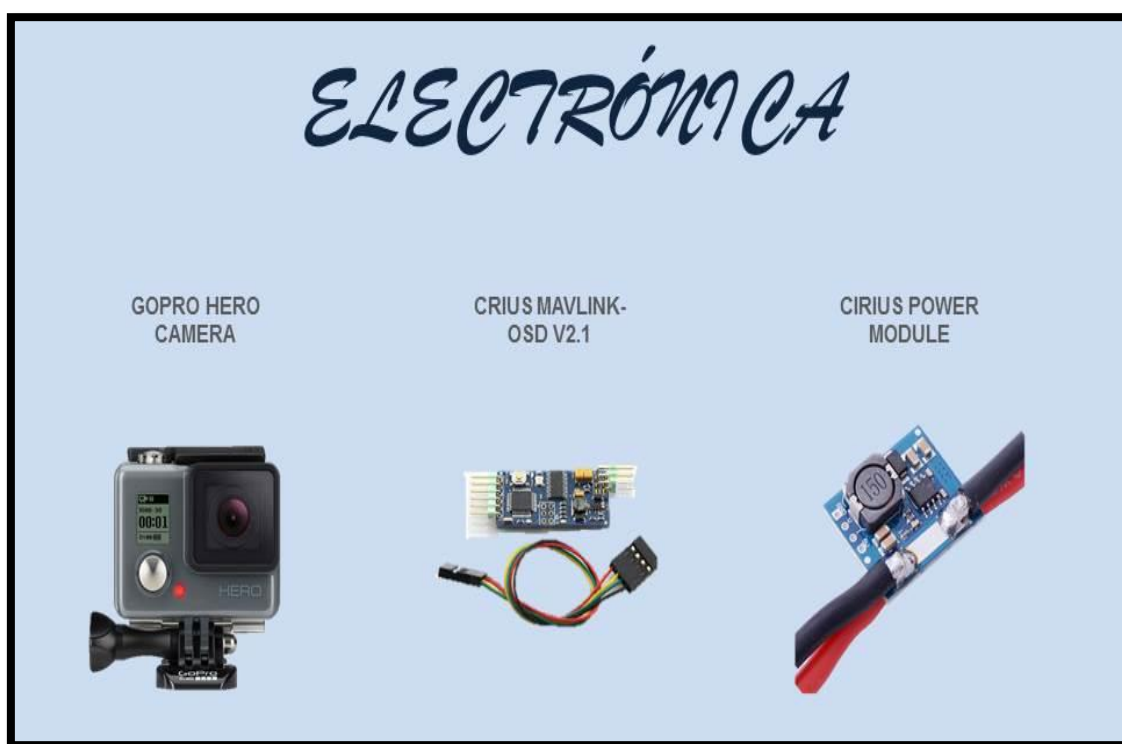


Figura 2-13



Figura 2-14

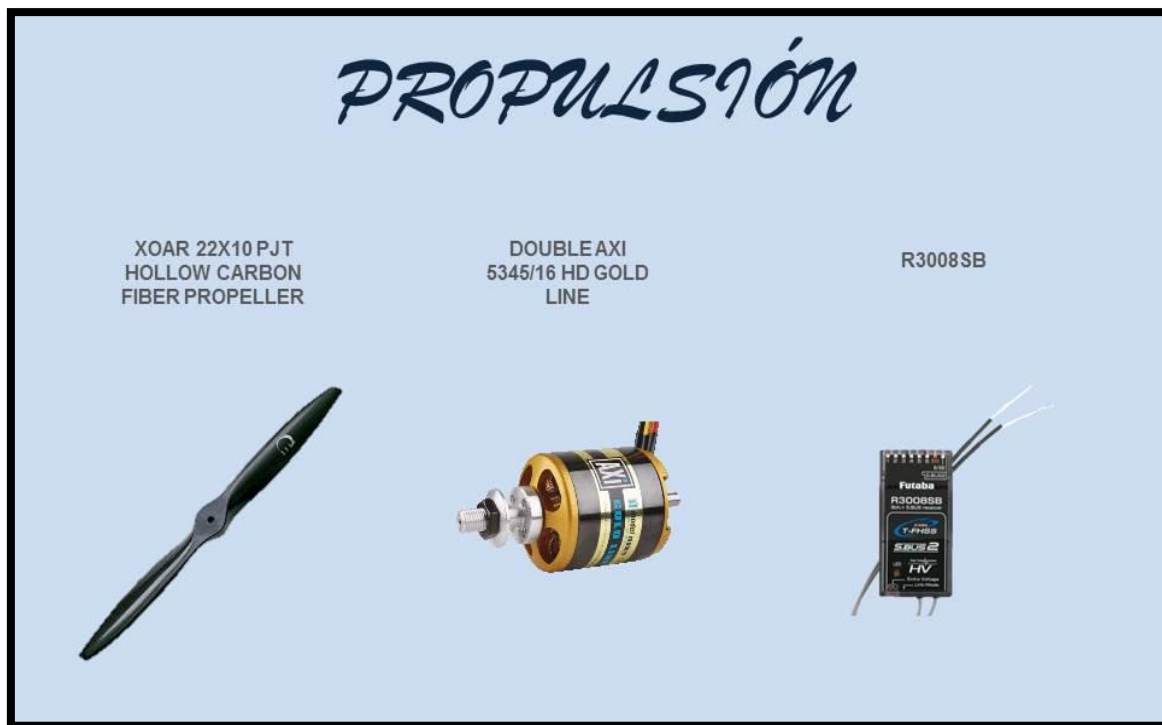


Figura 2-15



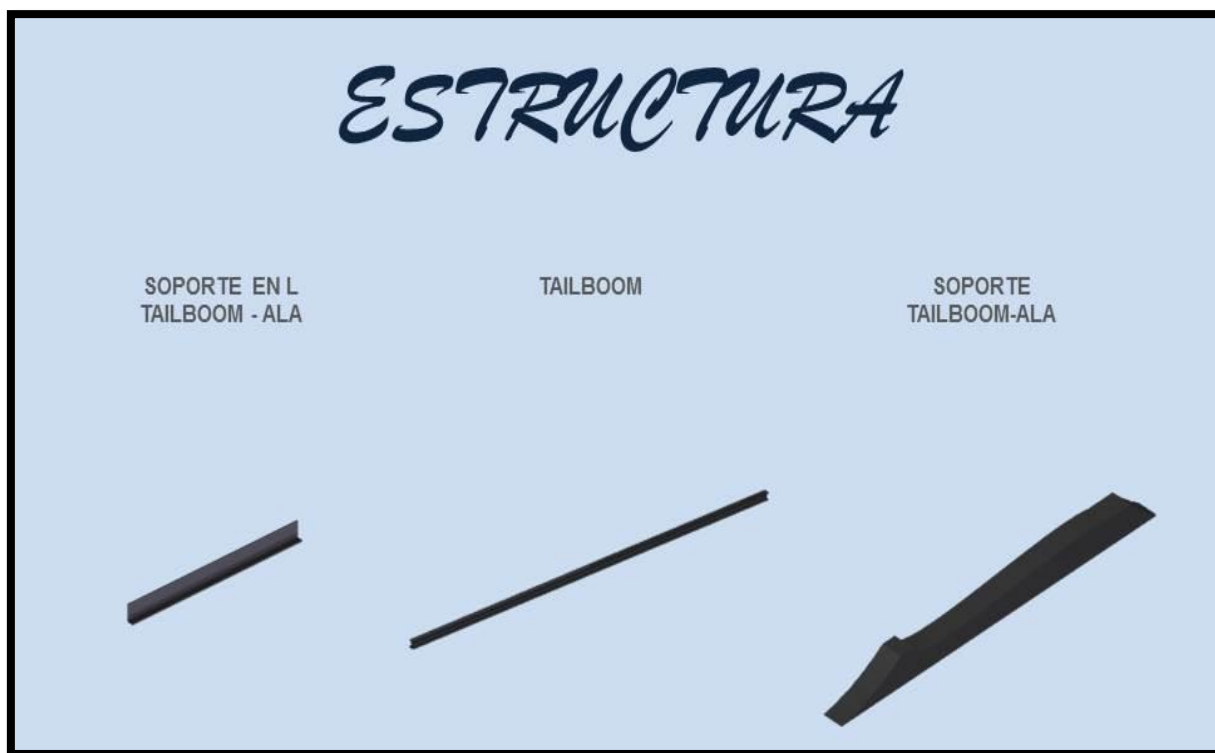


Figura 2-16



Figura 2-17





Figura 2-18



Figura 2-19

## 3. MOTOR

### Introducción del capítulo

Este capítulo del AMM contiene los datos necesarios para que el operador conozca las características del motor, como se opera, de qué manera se controla el motor y sus especificaciones como lo son el mantenimiento y el plano del motor.

### Especificaciones

La aeronave VANT SOLVENDUS es propulsada por dos motores eléctricos referencia AXI 5345/16 HD Gold line, seleccionado ya que su alta potencia con bajo consumo de electricidad hace un motor eficiente para la aeronave. Las especificaciones generales del motor son:

<b>Nº de células</b>	<b>8-12 Li-Poly</b>
<b>RPM / V</b>	195 RPM / V
<b>Max. Eficiencia</b>	94%
<b>Max. eficiencia actual</b>	30-75 A (> 85%)
<b>Sin corriente de carga / 30 V</b>	2,1 A
<b>Capacidad actual</b>	90 A / 20 s
<b>Resistencia interna</b>	34 m/ohmios
<b>Dimensiones (diámetro. X largo)</b>	63x81 mm
<b>Diámetro del eje</b>	8 mm
<b>Peso con cables</b>	995 g

### Mantenimiento del motor

El motor tiene dos tipos de mantenimiento:

#### Mantenimiento por inspección.

Con la inspección visual se garantiza que antes del vuelo el motor se encuentre operando correctamente, si el motor tiene fallas superficiales como grietas puede conllevar a la ruptura del carenado del motor en vuelo, si se encuentra obstruida la hélice es signo de que algún objeto la está bloqueando, inspeccionar la sujeción de los cables es vital pues en vuelo se pueden desconectar conllevando a que el motor se apague en vuelo, si la unión entre la hélice y el eje esta suelto es peligroso ya que puede salirse del eje y afectar a las personas u objetos que se encuentran alrededor y también la aeronave perdería el empuje, inspeccionar la bancada de que no se encuentren grietas superficiales debido a que las cargas que esta enfrenta en vuelo puede conllevar a que se rompa y se caiga de la aeronave.

Las tareas definidas como inspección del se observan en el siguiente procedimiento:



🔧 **Mantenimiento por condición:** En caso de presentar daño se debe de desmontar y contactar un especialista en motores eléctricos sin escobillas

## Controles del motor

Las revoluciones del motor son controladas por RC el cual envía la señal por ondas electromagnéticas al receptor, y este a su vez envía la información al control de velocidad el cual sirve como potenciómetro, y finalmente la energía se transmite al motor

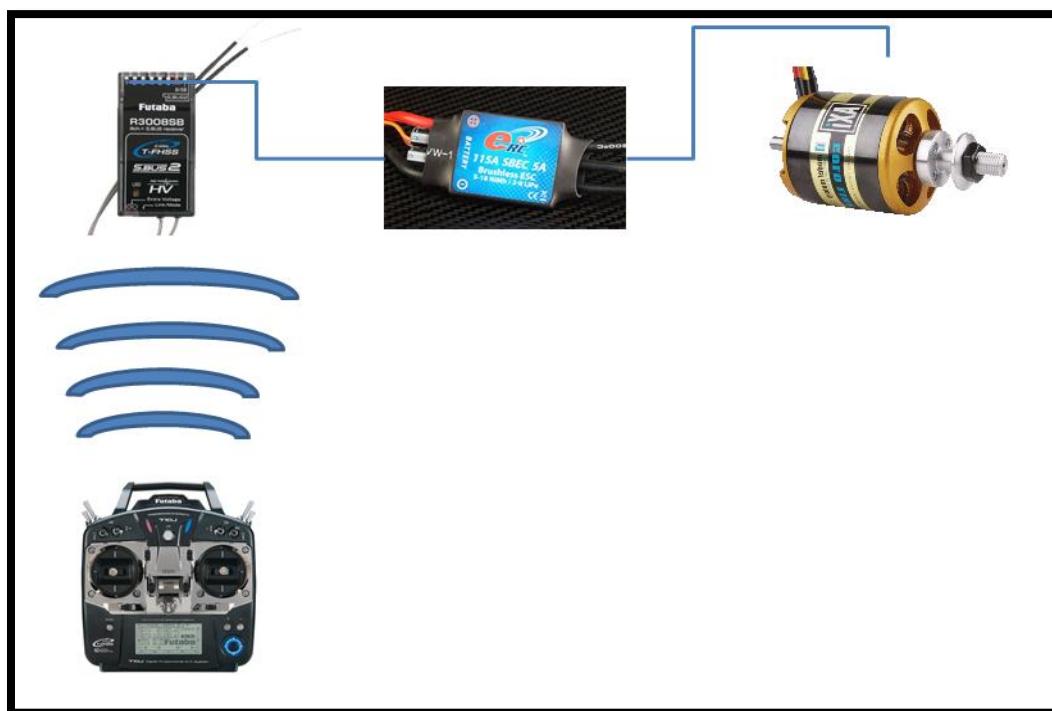


Figura 3-1

### Diagrama del motor



Figura 3-2

## 4. HÉLICE

### Introducción del capítulo

Este capítulo del AMM contiene los datos necesarios para que el operador conozca las características del motor, como se opera, de qué manera se controla el motor y sus especificaciones como lo son el mantenimiento y el plano del motor.

La hélice de la aeronave es de referencia XOASR 2210. Está construida en resina epoxi con un laminado de fibra de carbono tipo esqueleto.

### Especificaciones

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Numero de hélices	2
Palas	2
Diámetro.	22 in
Pitch	1 in
Diámetro del agujero	10mm
Peso	135g
Diámetro del eje	8 mm
Peso con cables	995 g

### Reparaciones De La Hélice

#### Reparación por daños.

La aparición de fallas causadas por cargas a la que tiene que verse enfrentadas las hélices. Que pueden generarse por consecuencia de impactos o aspectos ambientales.

La fabricación de la hélice está hecha en materiales compuestos por lo que se puede reparar como esta descrito en la sección 5.

### Balanceo de la hélice

Para realizar los dos balanceos es necesario de tener un balanceador de hélice, es un objeto en el cual se coloca la hélice y se realizan las pruebas para determinar hacia qué lado tira la hélice lo que corresponde al balanceo de la misma, por consiguiente el diseño del balanceador de la hélice se presenta a continuación.

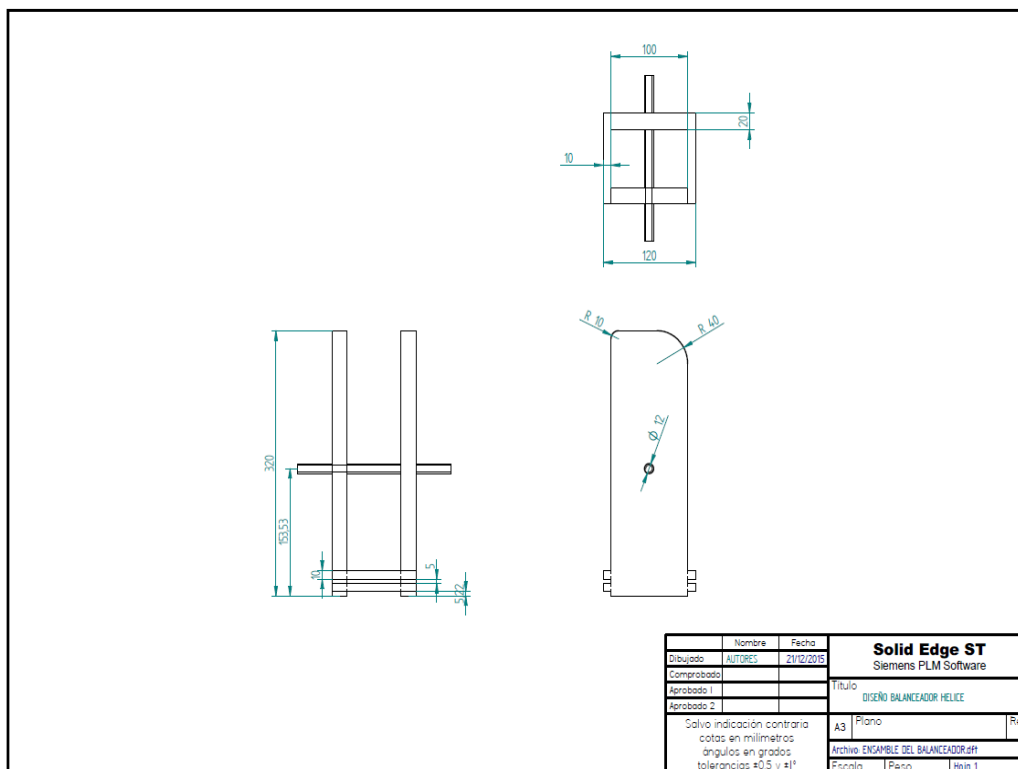


Figura 4-1

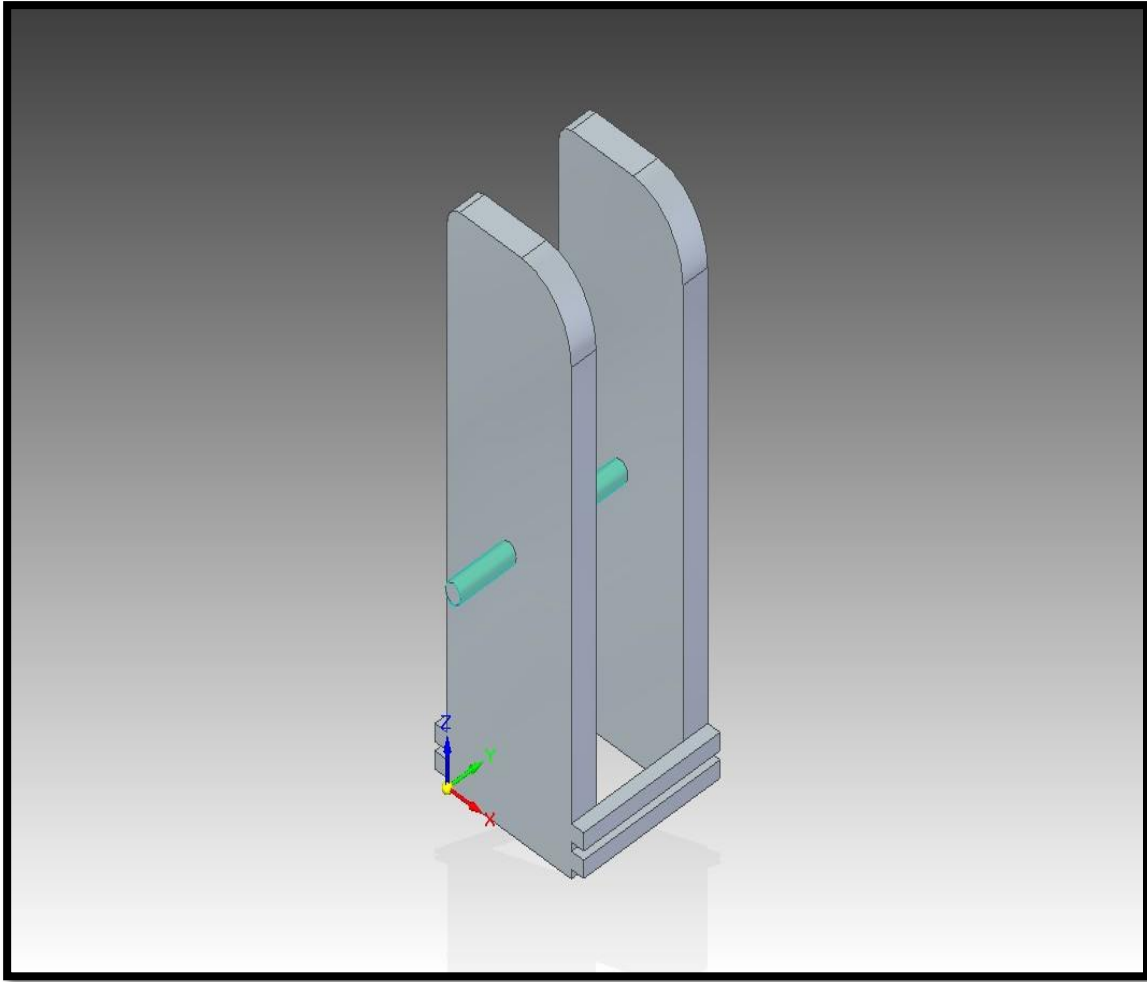


Figura 4-2

Para realizar el balanceo completo de la hélice primero se balancea estáticamente y a priori dinámicamente.

### **Balanceo Estático**

El balanceo de la hélice estáticamente, indica si horizontalmente la hélice se encuentra más pesada en un lado, por lo tanto para realizar el balanceo se debe seguir el siguiente procedimiento.

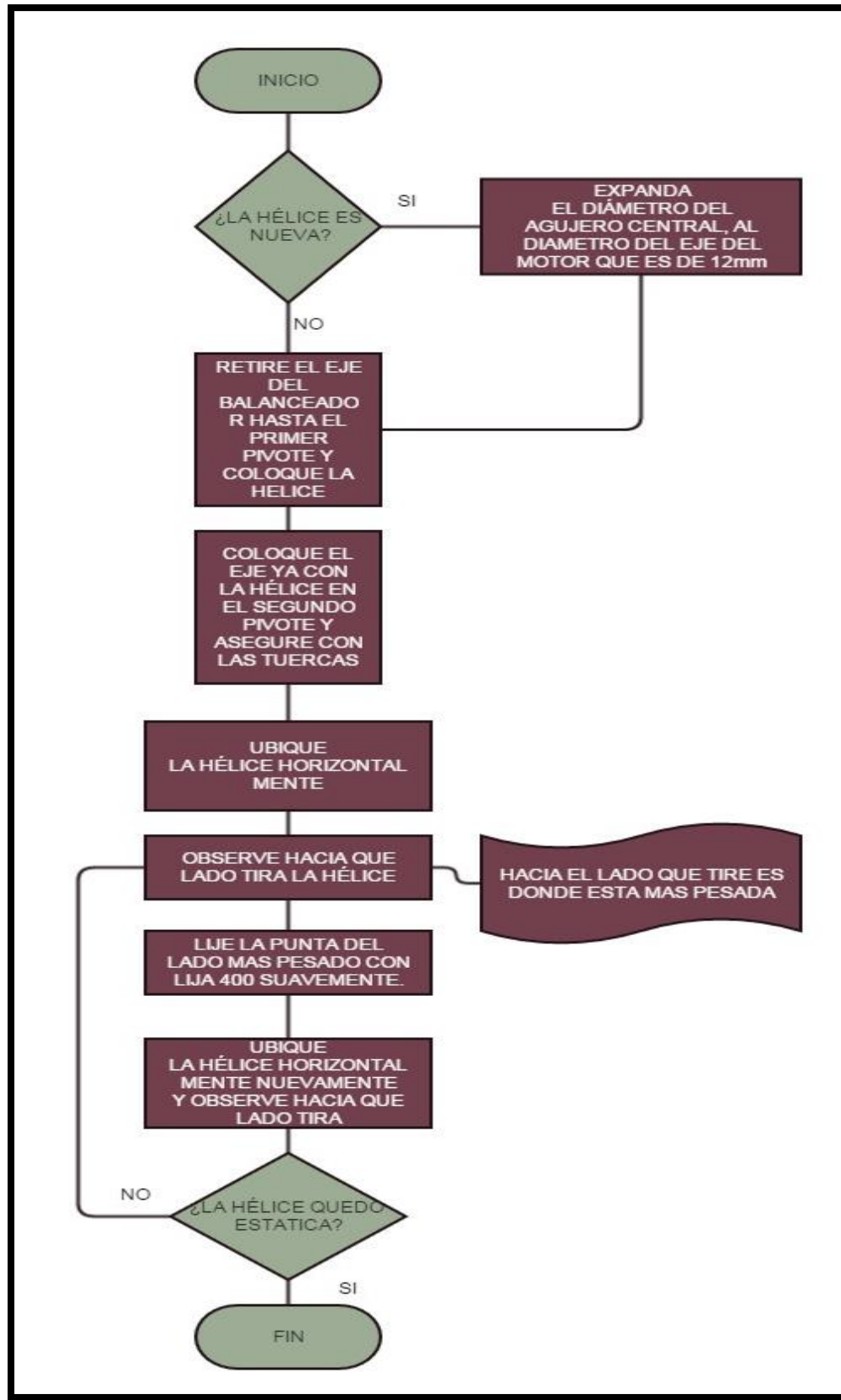


Figura 4-3



**Balanceo dinámico.**

El balanceo de la hélice dinámicamente, indica verticalmente si la hélice se encuentra más pesada en un lado, por lo tanto para realizar el balanceo se debe seguir el siguiente procedimiento.

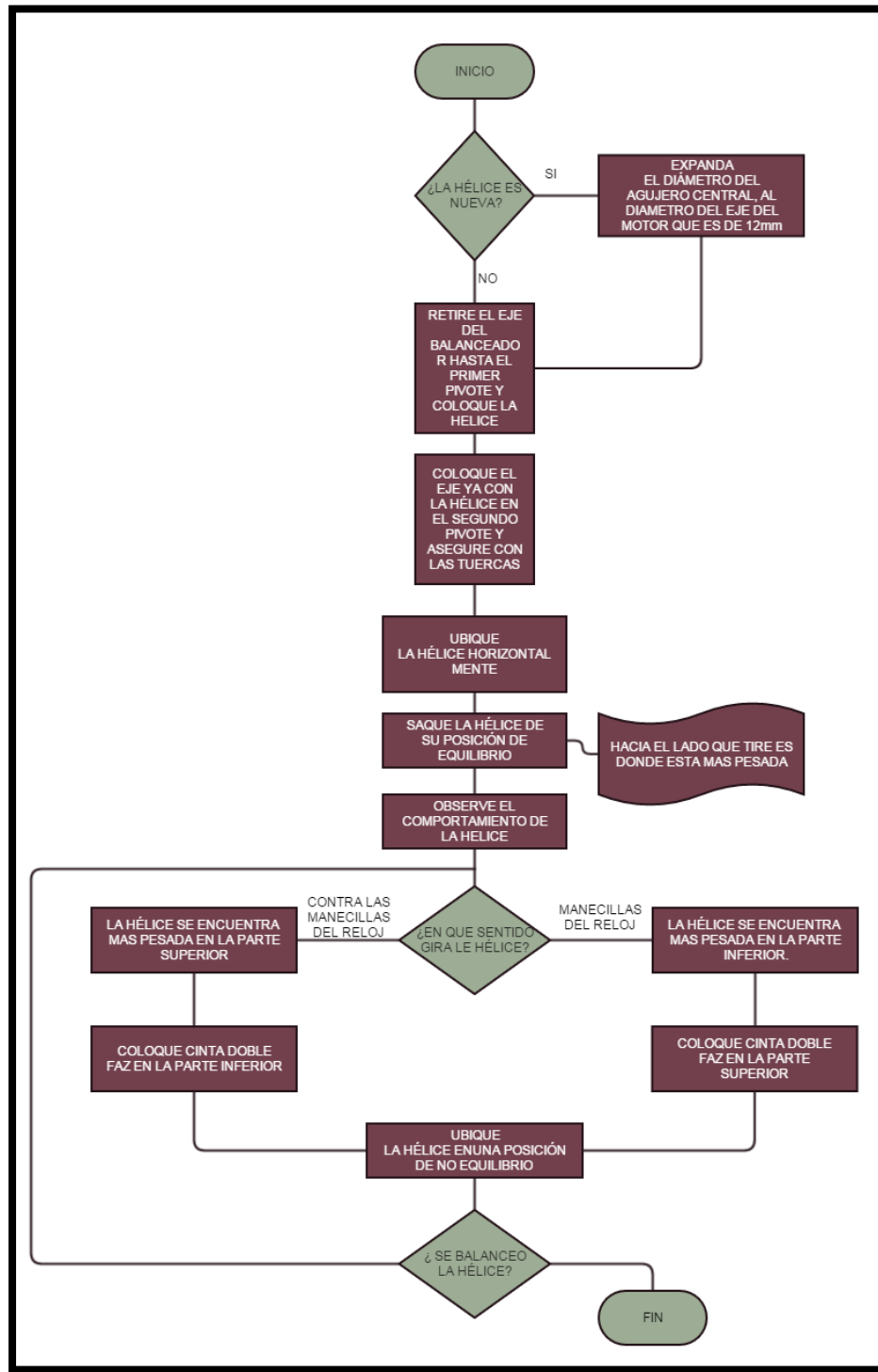


Figura 4-4

## 5. ESTRUCTURAS

### Introducción del capítulo

En este capítulo del manual se describe como está fabricada cada pieza de la aeronave, como es el proceso de desensamble, cuales son los controles de vuelo, descripción de la asistencia en tierra y límites de la aeronave.

### Estructura de la aeronave

El VANT SOLVENDUS tiene configuración del ala es baja, dos motores. El fuselaje está construido con 2 capas de fibra de carbono, permitiendo una bajo peso de la estructura, asegurando una buena capacidad estructural, el tailboom tiene forma En “I” como se muestra en la figura 25, consta de dos capas de fibra de carbono sobre un núcleo de balsa de 1,55 mm de espesor.

El ala tiene 6m de envergadura, dividida en tres secciones de 2m cada una, una central y dos a los extremos, se compone de costillas, viga principal, stringers y piel, fabricadas en fibra de carbono, el perfil alar de las costillas es Eppler 212, con núcleo de balsa de 1,5 mm de espesor y dos capas de fibra de carbono de 0,7mm formando una estructura tipo sándwich, la viga principal tiene forma de C con un núcleo de balsa de 1,5 mm de espesor con 2 capas de fibra de carbono, los stringers tienen una longitud de 6m divididos en 3 secciones, fabricados con dos capas de fibra de carbono. La piel de la aeronave se compone de una capa de fibra de carbono y una capa de fibra de vidrio.

El empaje es tipo H, los dos estabilizadores verticales están contruidos por costillas con perfil NACA 0012 y la piel fue fabricada con dos capas de fibra de carbono. El estabilizador vertical está construido con perfiles Naca 0012 y la fabricación de la piel se compone de dos fibras de carbono.

## Ensamble de la aeronave

### Ensamble del empenaje

El ensamblaje del empenaje requiere de dos personas.



**Ensamble motor-bancada-tailboom**

El ensamblaje del empenaje requiere de una persona.



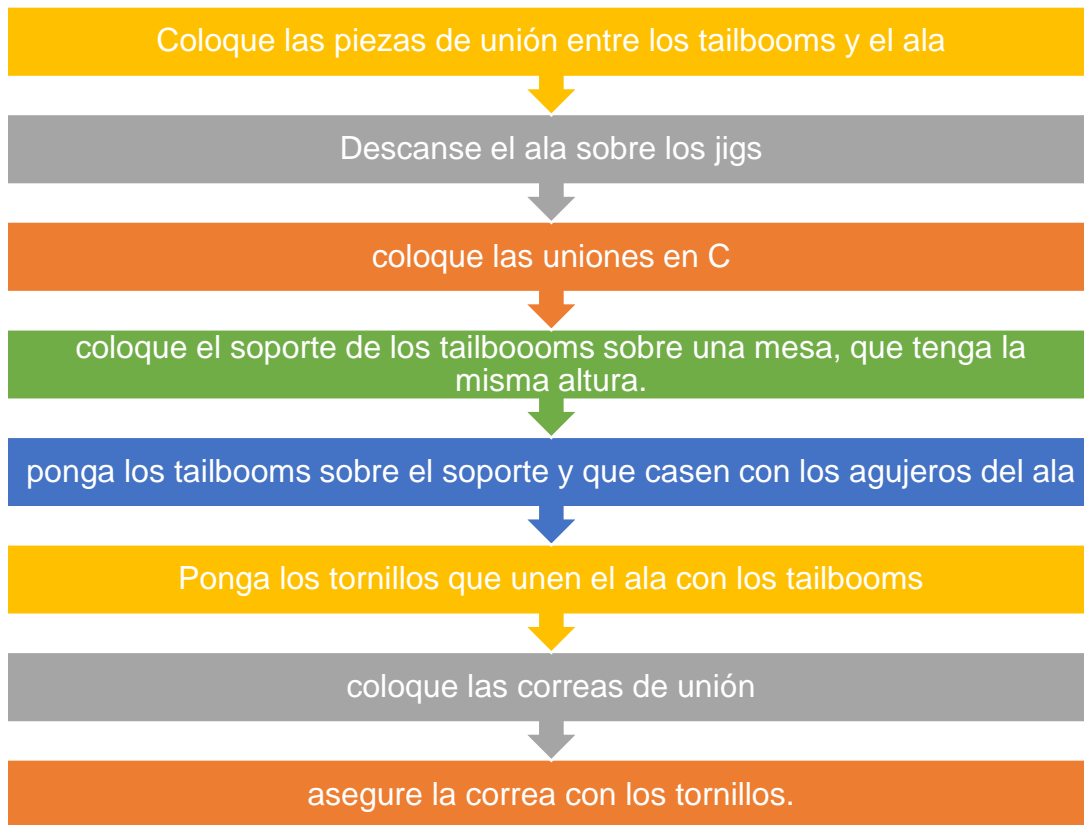
### Ensamble del ala

El ensamblaje del ala requiere de dos personas

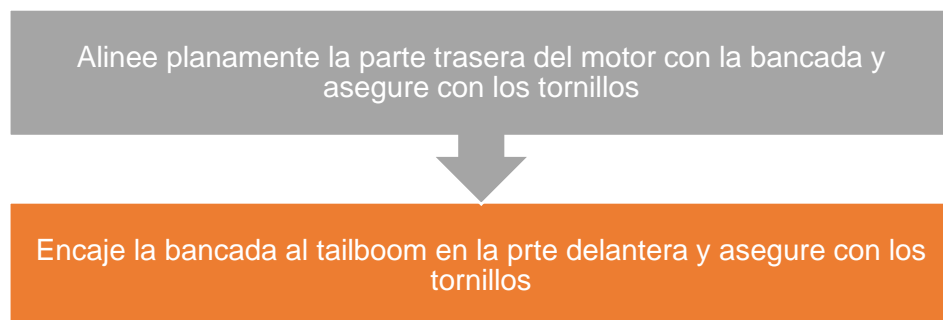


**Ensamble del ala al tailboom**

El ensamblaje del ala al tailboom requiere de dos personas

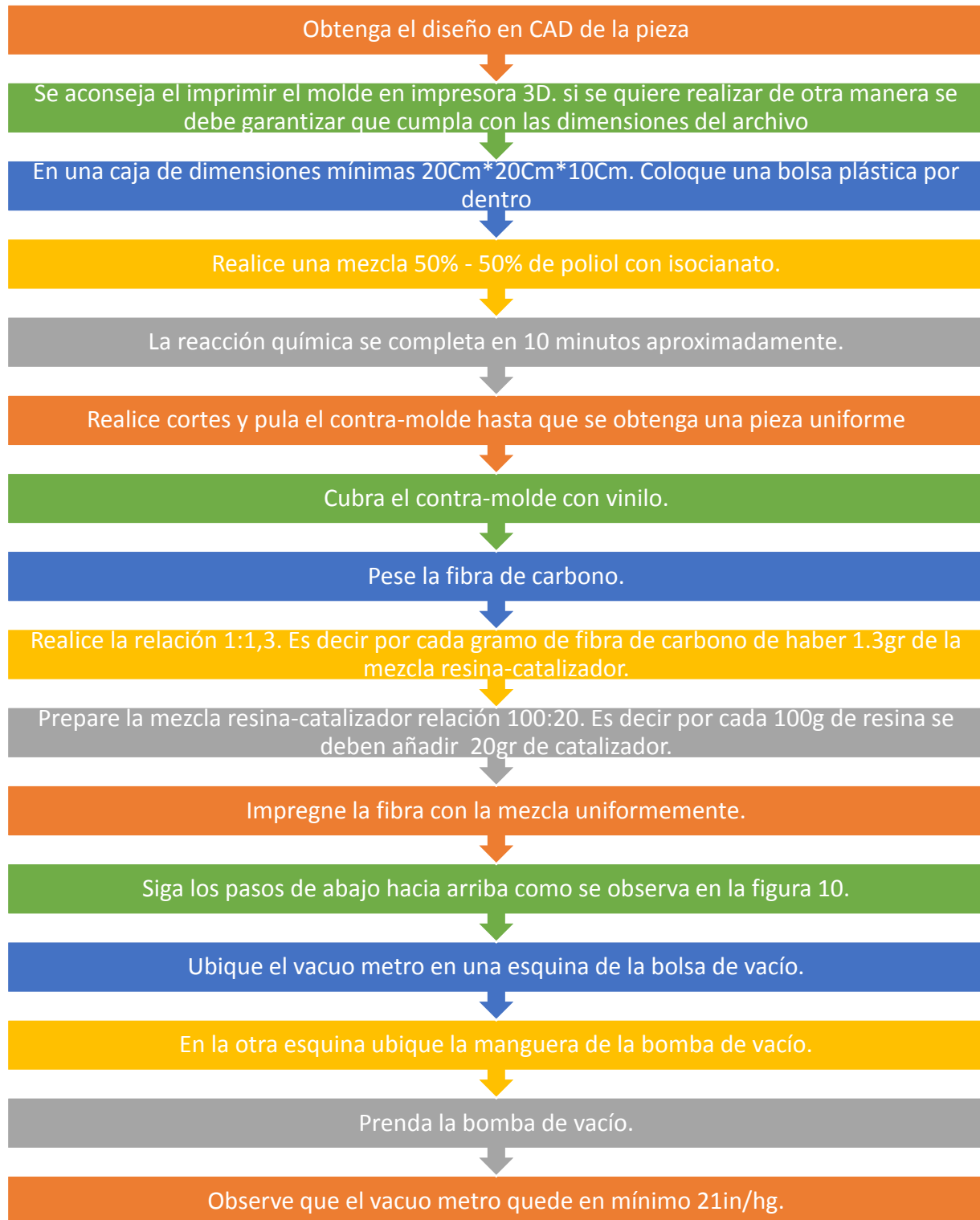
**Ensamble motor-bancada-tailboom**

El ensamblaje motor-bancada-tailboom requiere de una persona.



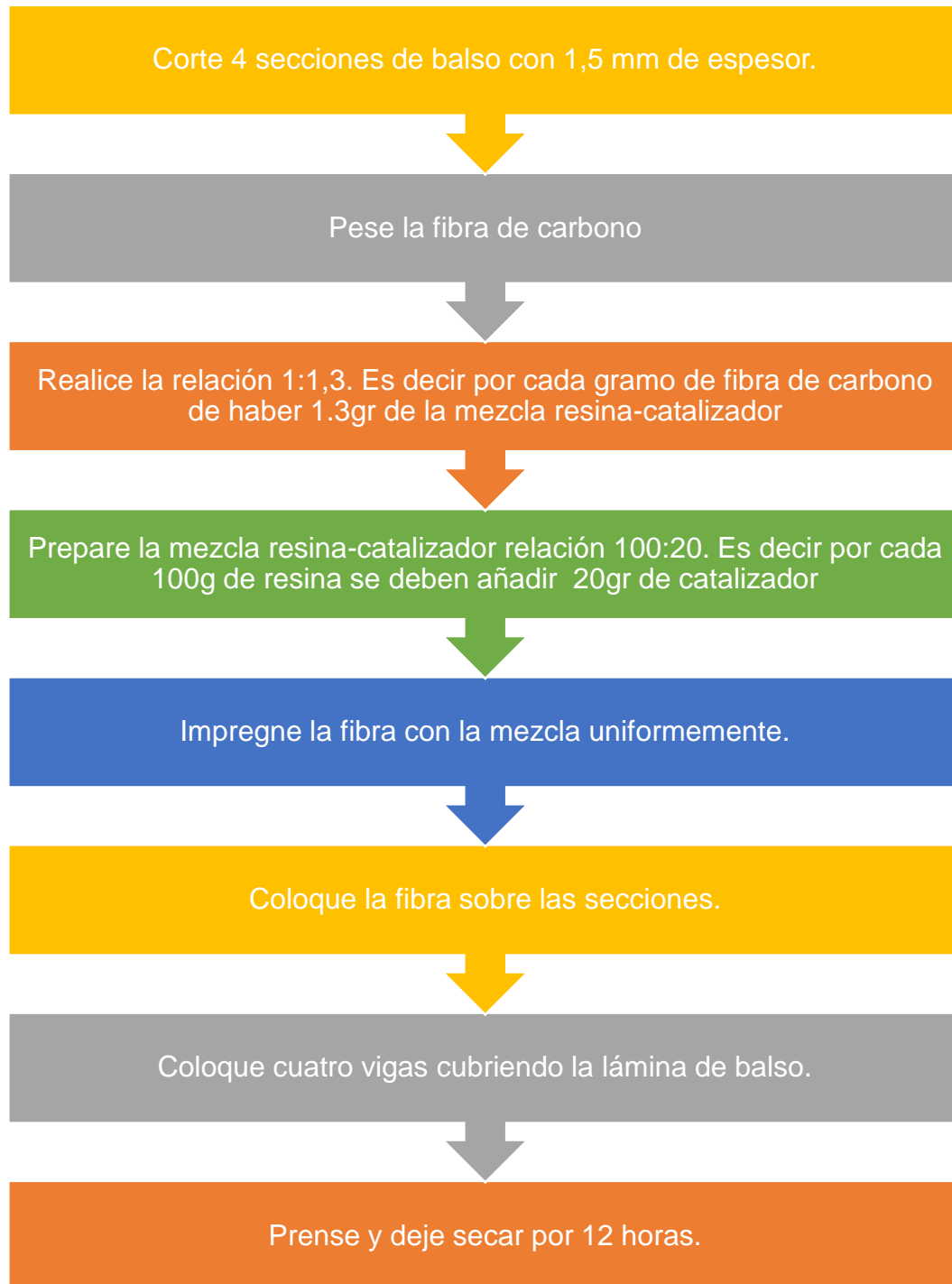
**Ensamble Soporte tailboom estabilizador vertical**

El ensamblaje del soporte al tailboom requiere de una persona.



**Ensamble estructuras en “C” unión ala-tailboom.**

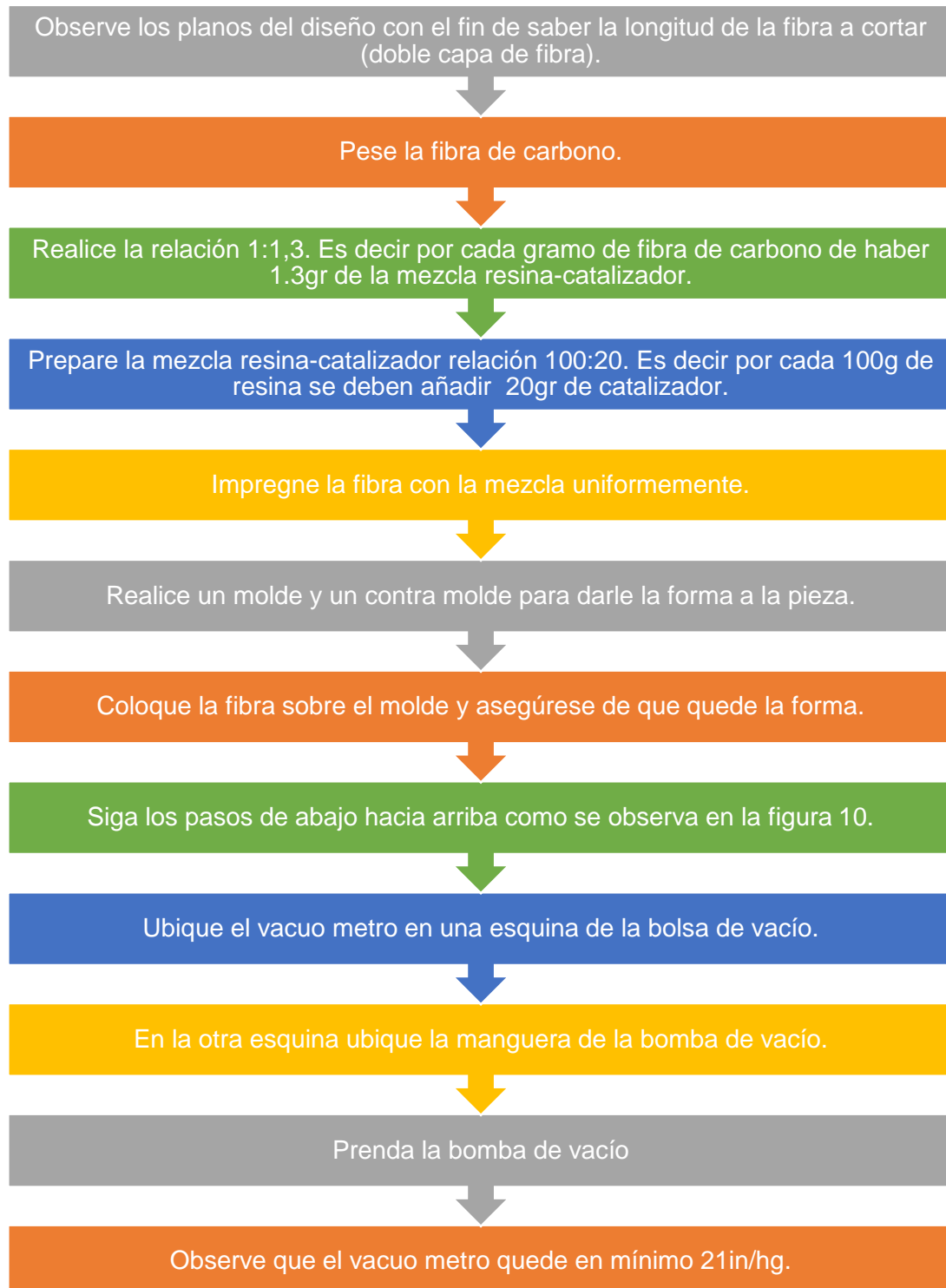
El ensamblaje de las estructuras en C requiere de una persona.





**Ensamble Banca del motor.**

El ensamblaje de la bancada del motor requiere de una persona.



### Fabricación de las piezas principales

Para fabricar las piezas de la aeronave diríjase al Diseño detallado y construcción de la aeronave VANT SOLVENDUS. Tenga en cuenta la orden de los materiales e insumos utilizados en un vacío.



Figura 5-1

### Controles de vuelo

La aeronave VANT- SOLVENDUS posee dos alerones montados en el ala de la aeronave y unidos por medio de bisagras del alto torque, un timón de profundidad incorporado al estabilizador horizontal unido por bisagras de alto torque, dos timones de cola montados sobre los estabilizadores verticales unidos por bisagras. Todas las superficies de control están conectadas a servo-contróles que transforman la energía eléctrica en energía mecánica.

### Asistencia En Tierra

#### Remolque

La aeronave por su peso liviano puede ser remolcada por dos barras aseguradas a los trenes de aterrizaje de la parte delantera de la aeronave que son movidas por personas.

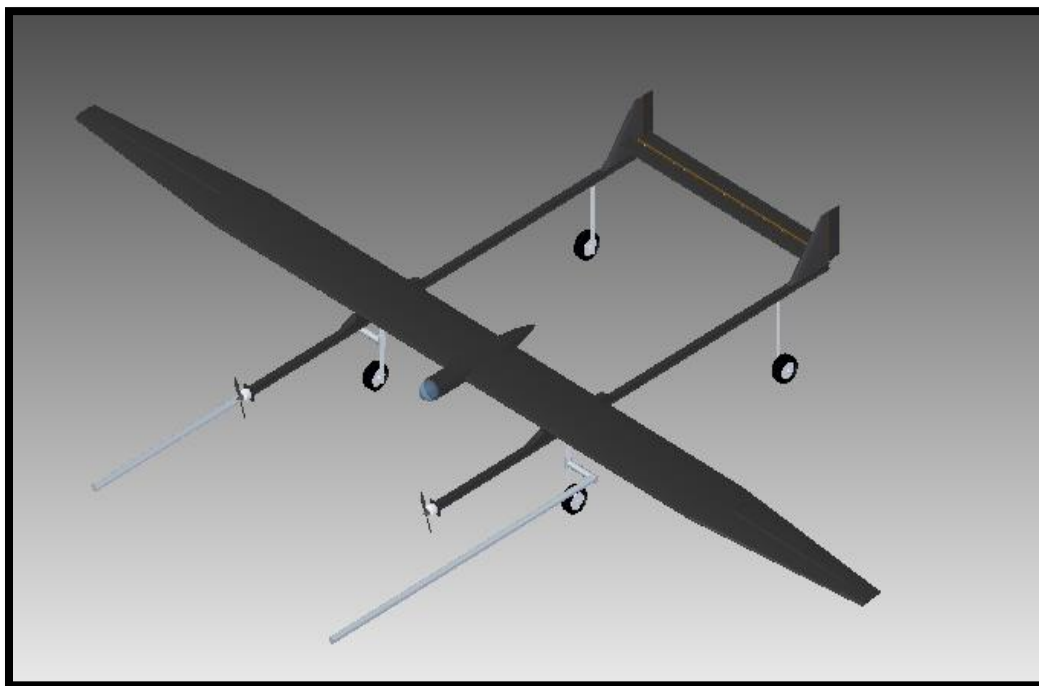


Figura 5-2

No exceder en fuerza al mover la aeronave, asegurar que las ruedas no estén bloqueadas.

### Carreteo

Es el movimiento hacia adelante que la aeronave realiza por sus propios medios, en el cual puede recibir corrientes de aire, y el operador debe contrarrestar por medio de movimientos de las superficies de control para maniobrar la aeronave. Para completar la información al MVA (Anexo 2).




### Parqueo

La aeronave VANT- SOLVENDUS, está diseñada para ser guardada luego de su operación en un cajón, preferiblemente mantenerlo en un lugar fresco, libre de humedad y de los rayos del sol. Si el operador desea mantener la aeronave armada, preferiblemente apárquela dentro de un hangar, donde se regule la temperatura, tenga buena ventilación, baja humedad; en caso de que la aeronave no se parque en un hangar colocar un manto protector sobre la misma. Previamente se debe de atar la aeronave al suelo con el fin de que los vientos no la muevan.

## Atar

Cuando la aeronave esta aparcada, ate esta al suelo de la siguiente manera, extienda un cable desde cada punto donde se colocan las barras de remolque en los trenes de aterrizaje delanteros y asegure estos a los puntos dispuestos en el suelo del hangar. Para asegurar la aeronave en la parte trasera, los trenes de aterrizaje traseros tienen dispuestos dos huecos para colocar un cable y este asegurarlo al suelo.

Se debe tener en cuenta:

-  Si la aeronave estará más de 2 días estacionada se debe de colocar protectores sobre las hélices.
-  Se deben colocar las cuñas en la ruedas.
-  Se debe de bloquear las superficies de control de la aeronave

Asegurar de que no haya escombros en un radio de 20 m desde el centro de la aeronave.

## Levantar

La aeronave no tiene puntos duros para levantarla.

## Puntales

Para realizar labores de mantenimiento sobre la aeronave se aconseja trabajar sobre los jigs, fabricados por la Fundación Universitaria Los Libertadores, información que se puede encontrar en el proyecto de grado “DISEÑO DETALLADO Y CONSTRUCCIÓN DE LA AERONAVE VANT SOLVENDUS”.

Un problema que se presenta al descansar la aeronave sobre los jigs, es que los Tailboom quedan sin soporte y generan momento a la aeronave, por lo que se diseñó en Solid Edge el soporte para colocarle a los Tailboom, los cuales deben estar descansando sobre una superficie plana, la altura de la superficie depende de la altura a la que se hayan colocado los jigs.

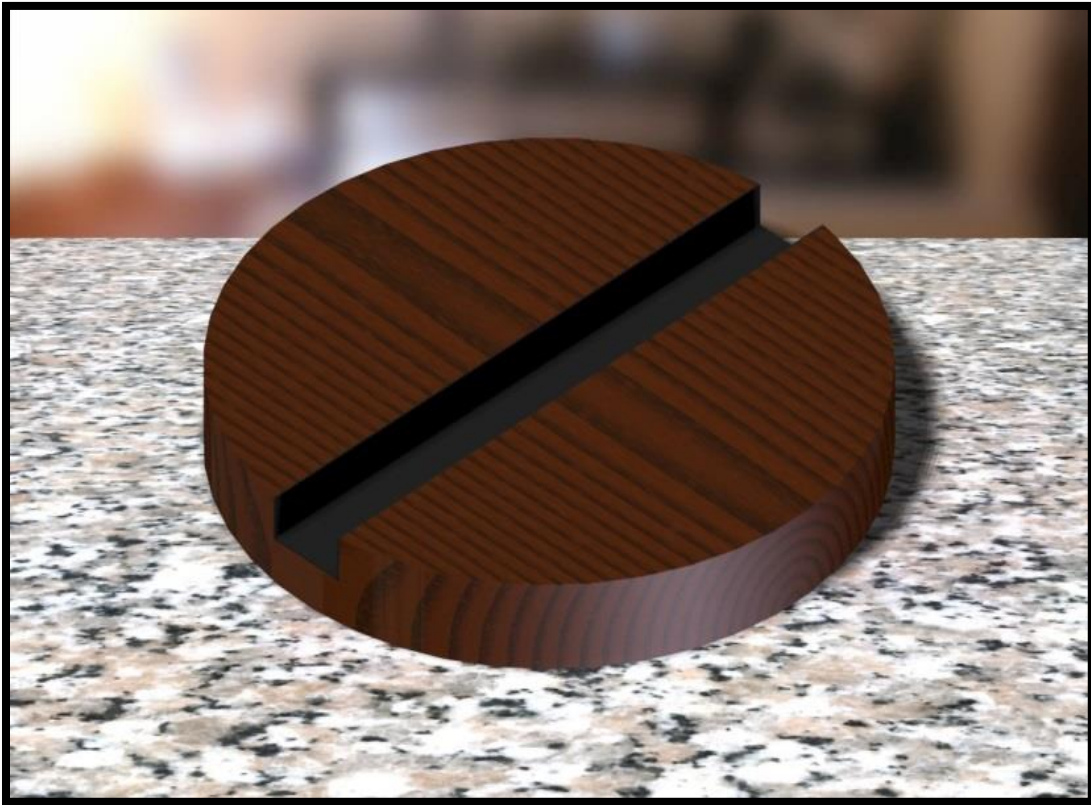


Figura 5-3

## 6. REPARACIONES



### Introducción del capítulo

Este capítulo contiene el paso a paso para realizar una reparación en las piezas de la aeronave, los tipos de insumos y los diferentes métodos de reparación.

### Reparaciones en materiales compuestos

#### Reparaciones sin parche

Las reparaciones sin parches son empleadas en daños menores y se realizan mediante las siguientes dos formas

-  Rellenado o inyección de resina.
-  Fusión de resina termoplástica.

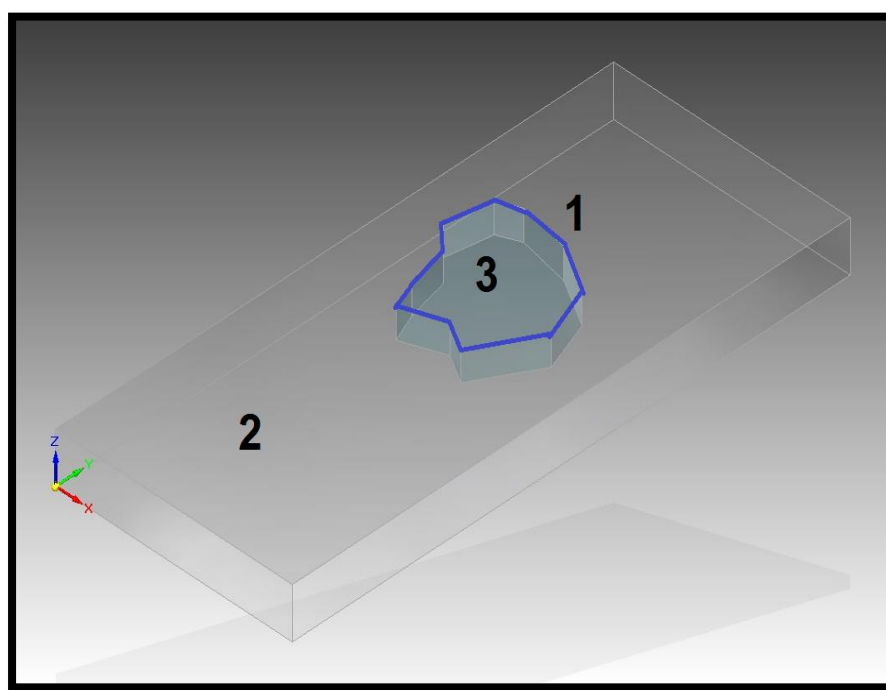


Figura 6-1

CONVENCIONES	SIGNIFICADO
1	BORDE DEL DAÑO
2	PIEZA
3	DAÑO

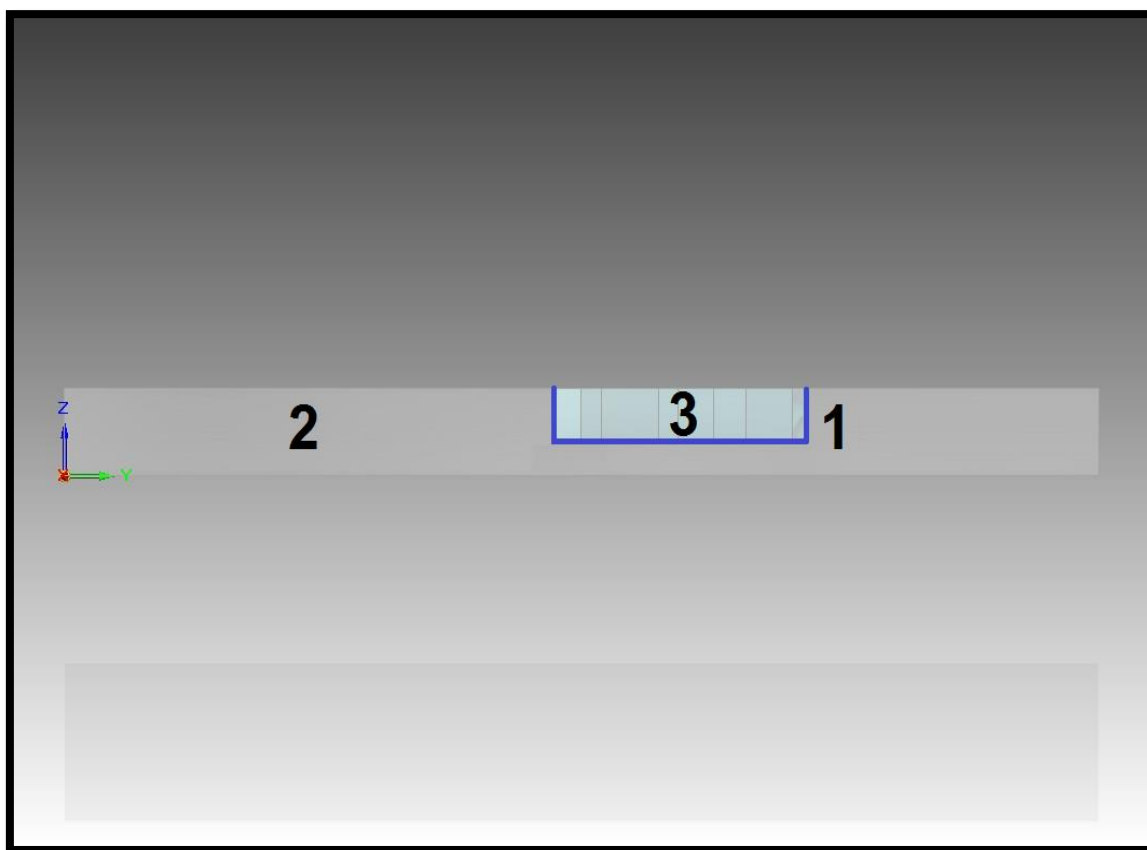


Figura 6-2

CONVENCIONES	SIGNIFICADO
1	DAÑO
2	PIEZA
3	REPARACIÓN CON RESINA

El insumo principal que se necesita para la reparación es la resina epoxi Colrepox 6090 y el procedimiento a seguir es:



Figura 1. Reparación en agujeros



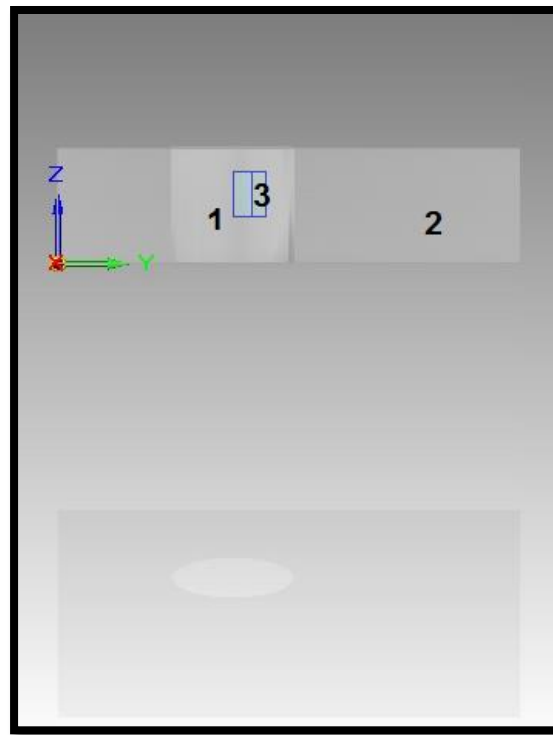


Figura 6-3

CONVENCIONES	SIGNIFICADO
1	AGUJERO
2	PIEZA
3	REPARACIÓN CON RESINA

Si se presenta deslaminación en el material se puede realizar la reparación por medio de inyección de resina, teniendo en cuenta los siguientes parámetros.

- ✚ Si la deslaminación es consecuencia de malos procesos de fabricación no se puede realizar la reparación. Ya que las superficies no presentan características de adherencia y no sirve de nada la inyección.
- ✚ Si no es accesible la deslaminación se deben de abrir unos pequeños agujeros por donde se realizara la inyección de la resina
- ✚ Si se observa que la resina, debe de calentarse la pieza para garantizar que fluya correctamente.

El siguiente procedimiento es creado para que el explotador realice la reparación correctamente.

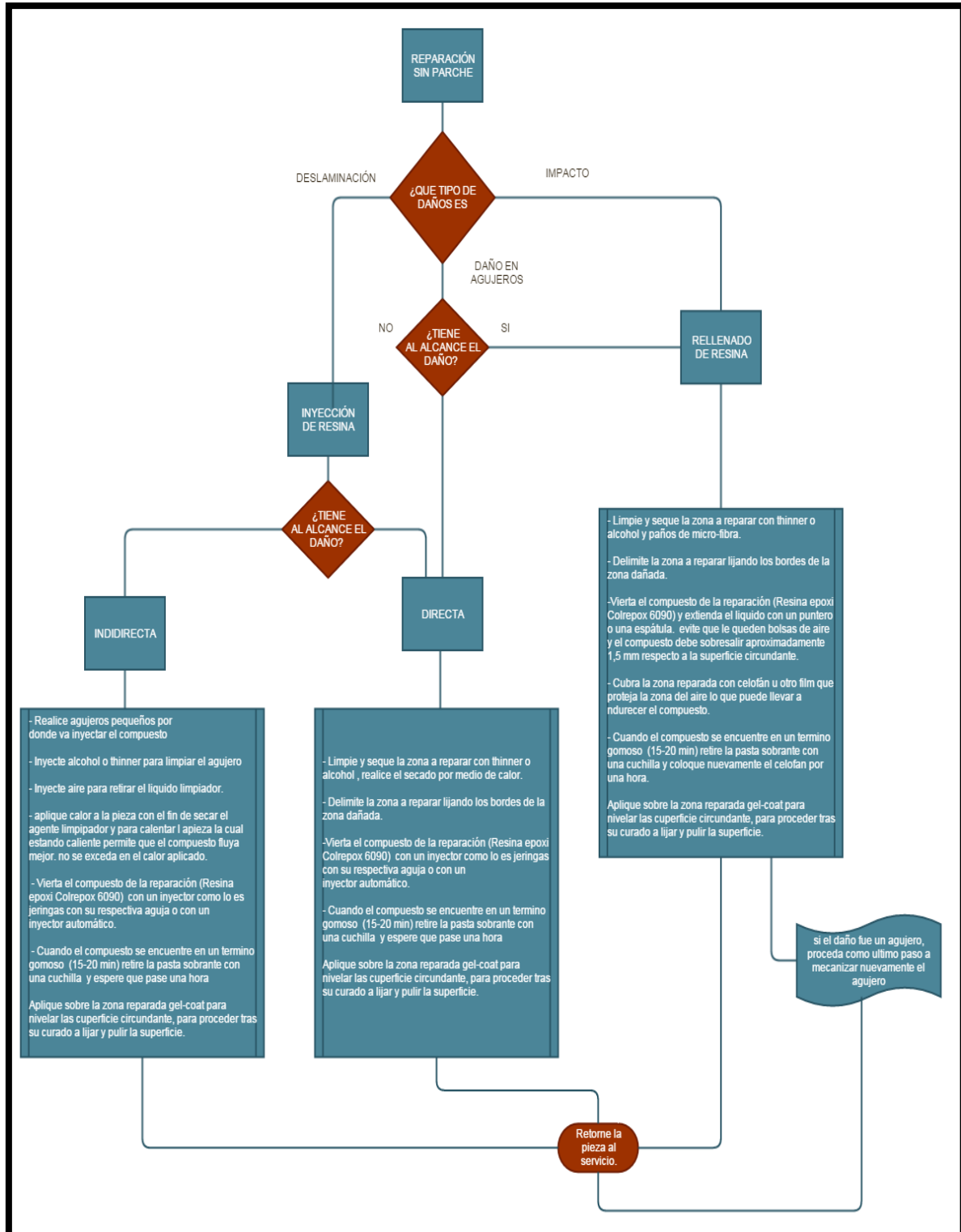


Figura 6-4

### Reparaciones con parche

Las reparaciones con parche son utilizadas en reparaciones mayores y se realizan mediante un retal del mismo material en la misma dirección en la que está fabricada la pieza. Este tipo de reparación es útil ya que rescata el camino de la carga en la estructura:

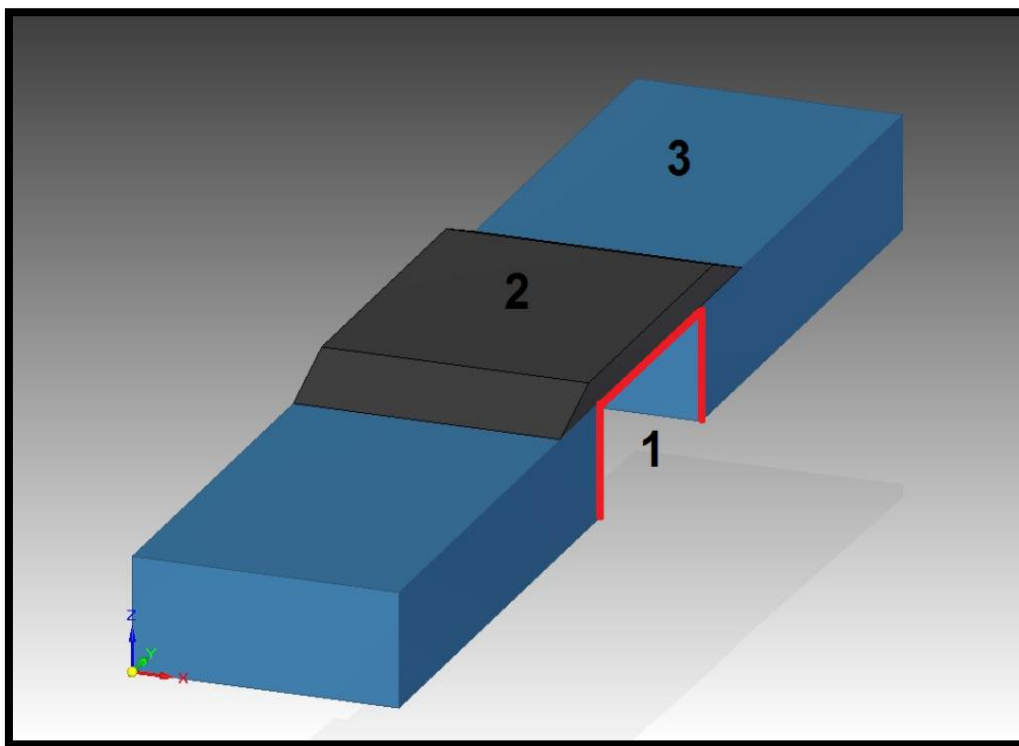


Figura 6-5

CONVENCIONES	SIGNIFICADO
1	DAÑO
2	PARCHE DE REPARACIÓN
3	PIEZA

La reparación con parche consta de un parche externo, el cual mantiene las propiedades mecánicas del material y puede ser utilizado para laminados hasta de 2mm de espesor.

Si el daño fue estructural en una pieza tipo sándwich como las costillas del ala, la reparación puede realizarse mediante adhesivo, donde se colocan parches estructurales en ambos costados de la pieza con un inserto del mismo material del núcleo.

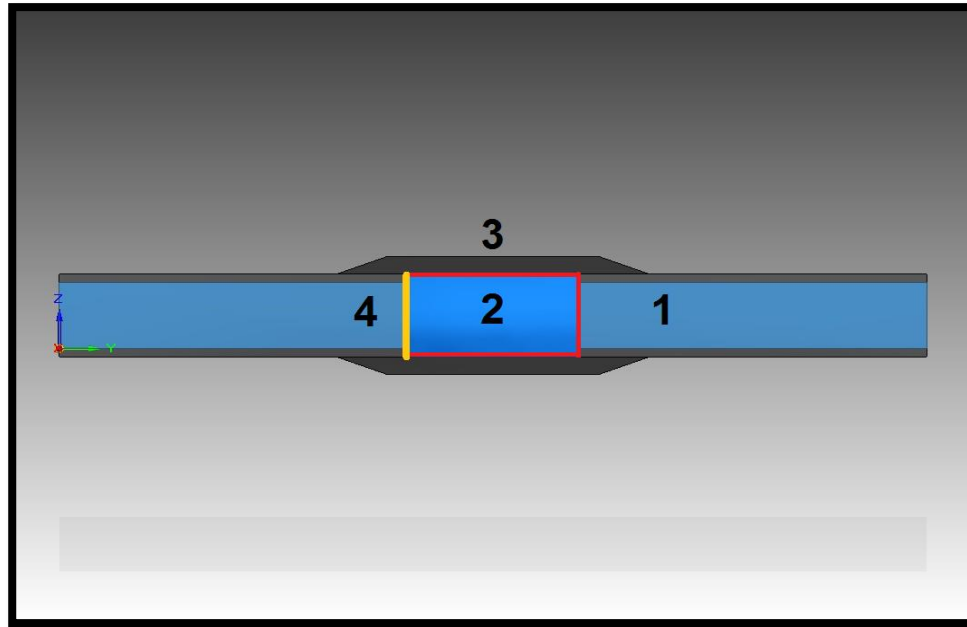


Figura 6-6

CONVENCIONES	SIGNIFICADO
1	PIEZA
2	NÚCLEO DE REPARACIÓN
3	PARCHES DE REPARACIÓN
4	ADHESIVO

El material que se utiliza en los parches es el mismo con el cual está construido en las piezas, el parche debe prepararse sobre la superficie de la pieza y curarse después con el adhesivo, el adhesivo es la resina epoxica colrepx 6090. . Es importante que el parche este dirigido en la misma dirección en la cual fue construida la pieza.

Si las piezas estructurales soportan demasiada carga, es necesario realizar parches a nivel tipo escalonado, bisel simple o sobre bisel, de manera que los esfuerzos de flexión y compresión que conllevan a cargas de pelado y pandeo respectivamente se resuelvan. En consecuencia los factores importantes del parcho a nivel son:

- ✚ Tiempo utilizado para eliminar la humedad en el área de la reparación.
- ✚ Tiempo de eliminar el material dañado.
- ✚ Tiempo de preparación de la zona del parche.
- ✚ Angulo adecuado del bisel.

### Reparación con unión mecánica

Esta reparación requiere de dos elementos importantes el parche y las uniones mecánicas. Tipo de reparación utilizada en los siguientes casos:

- ✚ Laminados gruesos, en que no puede ser utilizado el adhesivo ya que sufriría esfuerzos cortantes de mayor magnitud en valor al estimado para el material.
- ✚ En casos particulares donde no se puede utilizar adhesivo (Resina epoxica). A causa de la adherencia del mismo a la pieza.

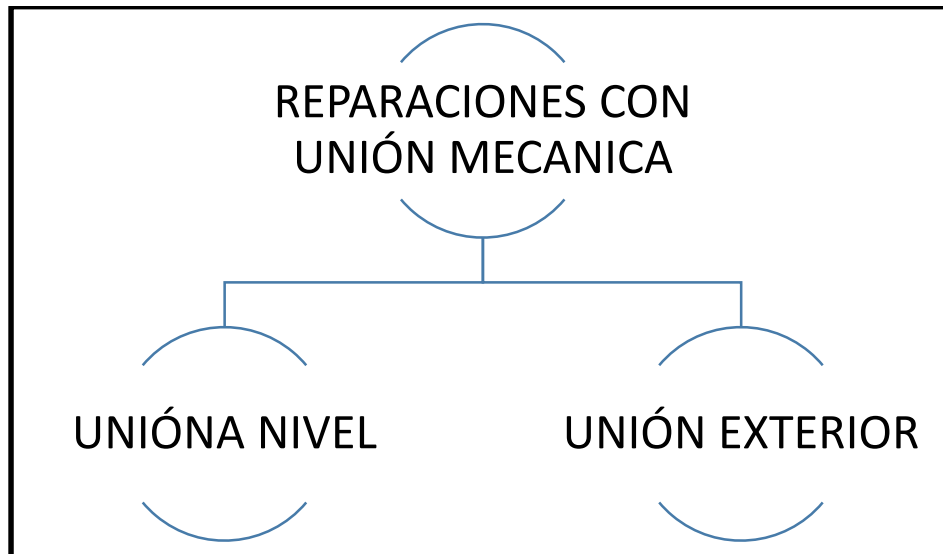


Figura 6-7

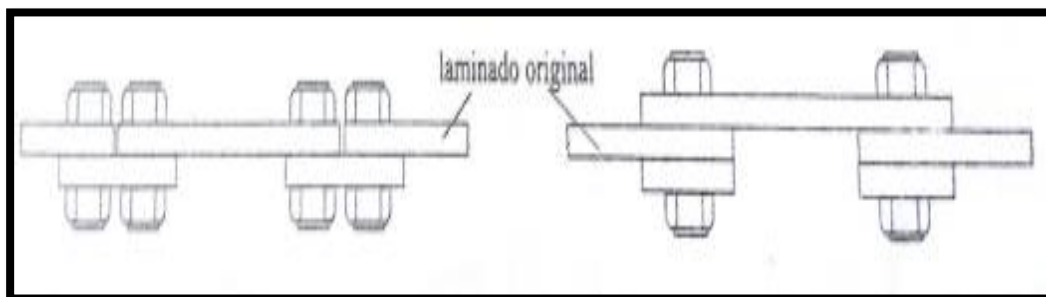


Figura 6-8

Las reparaciones por unión mecánica no son aplicables a piezas que estén fabricadas como estructura tipo sándwich.

La unión mecánica tiene una importante ventaja en un daño por deslaminación ya que frena a esta por la compresión que se ejerce. La desventaja en comparación a los otros tipos de reparación es el peso de las uniones mecánicas.

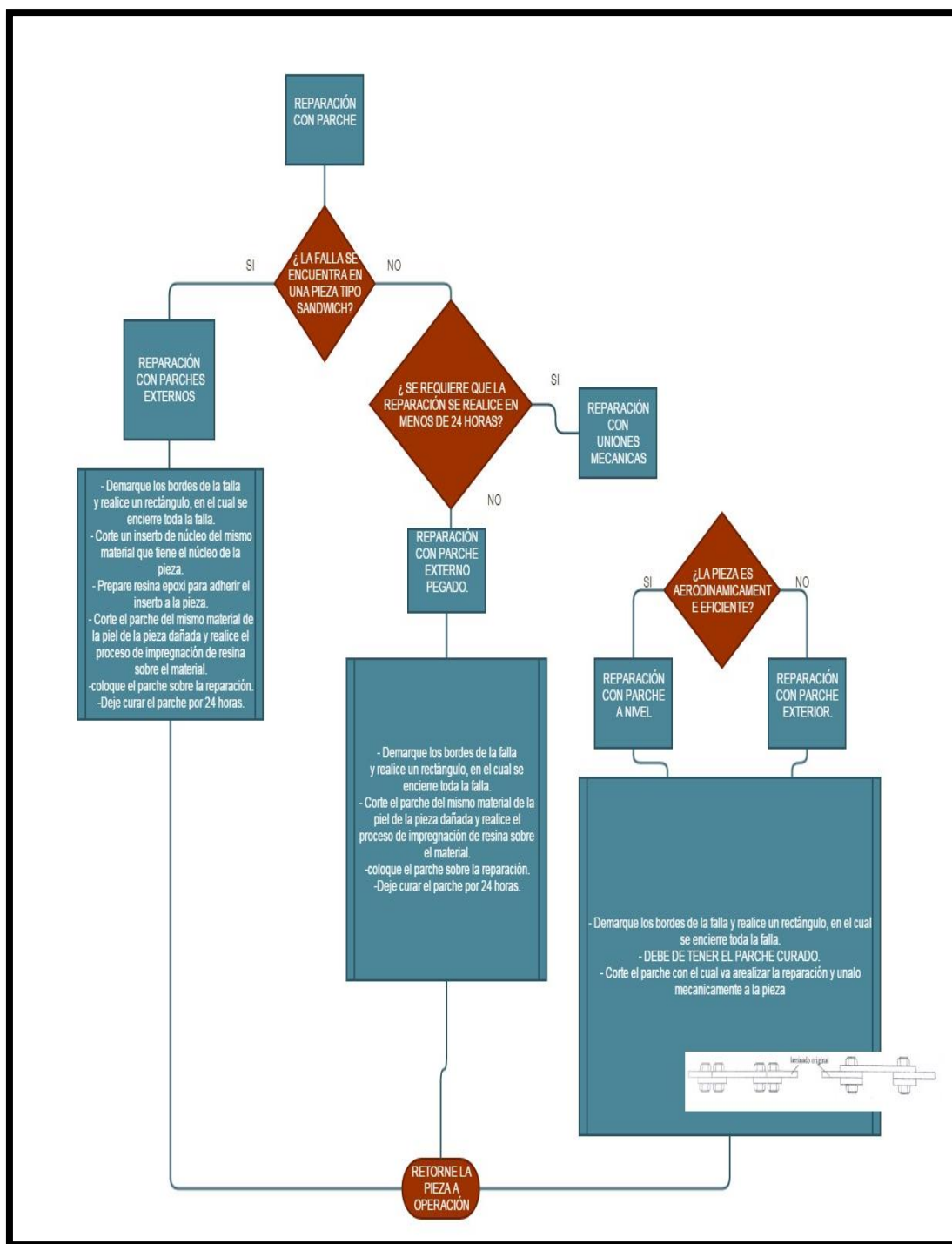


Figura 6-9

### Reparaciones en piezas de madera y metal

Para reparar las piezas fabricadas en madera y metal de la aeronave se puede realizar con el método de reparación sin parche.

## 7. SISTEMAS

### Introducción del capítulo

En esta sección se describe cada uno de los sistemas utilizados por la aeronave, con una descripción de los mismos y que tipo de mantenimiento y procedimientos se realiza a cada uno de ellos.

### Mantenimiento de los sistemas

Si se presenta fallas en los sistemas, el operador debe de ubicar el componente que está fallando y remplazarlos, es considerado este sistema tipo LRU (Line Replaceable Unit)

### Controles de vuelo

#### Control de cabeceo

El movimiento del timón de profundidad es realizado por un servocontrol, ubicados en la parte inferior del estabilizador horizontal, del servo control sale una varilla que transmite el movimiento generado hacia un cuerno ubicado en la parte central del timón de profundidad.

El RC envía la señal que es recibida por el receptor y este a su vez envía la información al control de velocidad, el cual es el encargado de variar la energía que necesita el servo control

#### Control de guiñada

El movimiento de los timones de cola es realizado por un servocontrol en cada timón, ubicados sobre la cara interior de cada estabilizador vertical, del servo control sale una varilla que transmite el movimiento generado hacia un cuerno ubicado en la parte superior del timón de cola.

El RC envía la señal que es recibida por el receptor y este a su vez envía la información al control de velocidad, el cual es el encargado de variar la energía que necesita el servo control.

#### Control de alabeo

El movimiento de los alerones es realizado por un servocontrol en cada alerón, ubicados en la parte interna del ala, del servo control sale una barra que transmite el movimiento generado hacia un cuerno ubicado en la parte central del timón de profundidad.

El RC envía la señal que es recibida por el receptor y este a su vez envía la información al control de velocidad, el cual es el encargado de variar la energía que necesita el servo control.

### **Sistema de telemetría**

Este sistema es el responsable de la comunicación entre la estación en tierra y la aeronave en vuelo, por lo que está compuesto con dos módulos diferentes, cada uno con sus respectivas antenas (Tx y Rx), se debe tener en cuenta la selección de la frecuencia más adecuada, con el fin de enlazar la comunicación entre los dos módulos. Ya que se puede presentar interferencia, o violar una frecuencia privada. Gracias a este sistema se podrá conocer la posición de la aeronave y él envío de datos desde la estación en tierra.

### **Sistema de comunicaciones**

El sistema de comunicaciones se basa en los dispositivos Crius mavlink-OSD que es el sistema que permite controlar en tierra y mediante el uso de un software de video, tener lectura en tiempo real de la posición, velocidad, altura, actitud de vuelo y video en tiempo real de la aeronave. El segundo sistema es el Crius power module es el sistema que permite controlar en tierra el nivel de carga, voltaje, corriente y eficiencia de las baterías de la aeronave.

Este sistema tiene conexión de la Gopro Hero que es la cámara de video, la cual envía la información al ardupilot.

### **Sistema de celdas fotovoltaicas**

En este capítulo del manual se habla de la fuente principal de energía de la aeronave, el cual es un sistema de celdas fotovoltaicas encargadas de tomar la energía solar y convertirla en energía eléctrica.

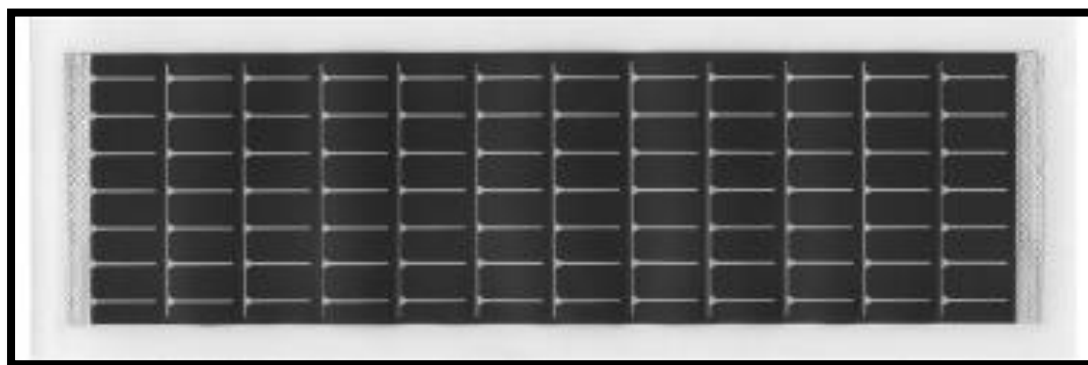


Figura 7-1



Las celdas fotovoltaicas de la aeronave son RC7.2-75 PSA, es una celda fotovoltaica que contiene un PSA (Pressure Sensitive Adhesive) en la parte trasera, el cual permite adherirse a la piel del ala muy bien.

### Introducción del capítulo

Esta sección del AMM contiene los datos necesarios para que el operador instale y desinstale las celdas, contiene información de parámetros y características principales de las celdas.

### Parámetros de la celda

#### Eléctricos

Parámetro	Valor	Unidad
Potencia	0,72	W
Voltaje	7,2	V
Voltaje(OC)	10,5	V
Corriente	100	mA
Corriente (SC)	120	mA

#### Mecánicos

Parámetro	Valor	Unidad
Altura	0.2	Mm
Longitud	90	Mm
Ancho	270	Mm
Tamaño de apertura	75-240	Mm
Peso	7,6	g

Operacional.

El comportamiento de las celdas depende de tres factores importantes:

- ✚ Radiación solar
- ✚ Tiempo de carga
- ✚ Temperatura

PRUEBA	TEMPERATURA AMBIENTE	HORA DEL DÍA	ESTADO DEL TIEMPO
PRUEBA 1	19°C - 20°C	2:00 p. m.	SOLEADO
PRUEBA 2	19°C - 20°C	2:15 p.m.	SOLEADO
PRUEBA 3	19°C - 20°C	2:30 p. m.	SOLEADO
PRUEBA 4	19°C - 20°C	2:45 p.m.	SOLEADO
PRUEBA 5	19°C - 20°C	3:00 p.m.	SOLEADO
PRUEBA 6	19°C - 20°C	3:15 p.m.	SOLEADO
PRUEBA 7	19°C - 20°C	3:30 p.m.	SOLEADO
PRUEBA 8	18°C - 19°C	3:45 p.m.	PARCIALMENTE NUBLADO
PRUEBA 9	18°C - 19°C	4:00 p.m.	PARCIALMENTE NUBLADO
PRUEBA 10	18°C - 19°C	4:15 p.m.	PARCIALMENTE NUBLADO

Figura 7-2

## Información principal de la celda

### Polaridad de la celda.

La polaridad se puede observar en la imagen 34, donde se reconoce el lado positivo porque tiene en su costado izquierdo líneas paralelas.

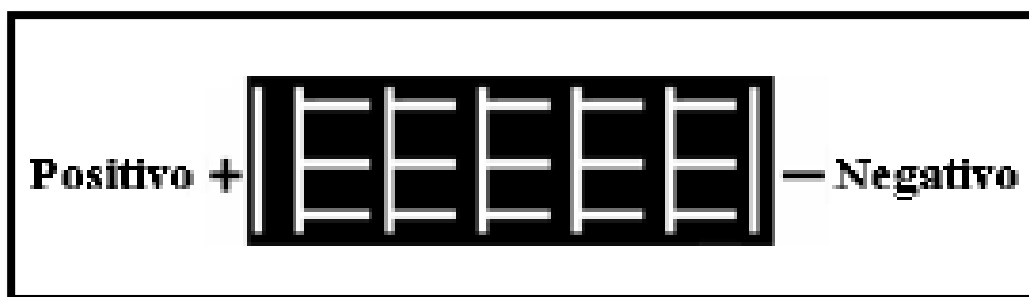


Figura 7-3

### En las noches.

En las noches se debe de desconectar las celdas fotovoltaicas de la batería con el fin de que la corriente no circule de las celdas hacia las baterías.

**La conexión de la celda.**

Se realiza mediante soldadura, los cables se conectan a la cinta de cobre recubierta de lata ubicada en los bordes de la celda.

**Derretir la capa protectora de la cinta de cobre.**

Se debe realizar con la punta del cautín cuando, el operador tiene que tener precaución con el modulo solar al momento de derretir la capa protectora.

**Temperatura ideal de soldadura.**

La temperatura debe de oscilar entre 315°C a 343 °C.

**Tipo de conexiones.**

La siguiente imagen muestra cómo se debe de conectar las celdas y la batería recargable dependiendo del tipo de conexión a usar.

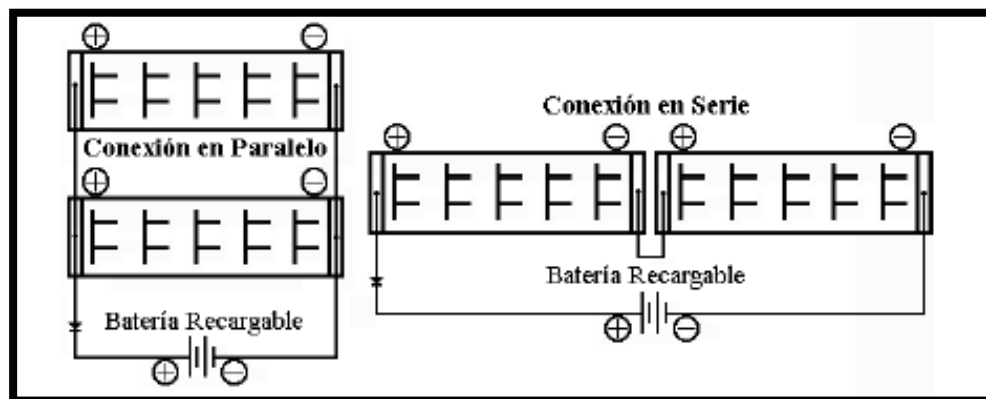


Figura 7-4

**Sujeción de la celda.**

La celda tiene un sistema PSA el cual es un adhesivo que contiene en su parte inferior, este tiene un protector que debe ser retirado para pegar la celda a la piel del ala.

**Diámetro mínimo de los cables.**

Por el fabricante es recomendado cables con un diámetro mínimo de 5mm.

**! No conecte la batería al revés o con la polaridad invertida al módulo solar, ya que destruirá el módulo solar y la batería podría explotar, causando quemaduras en el cuerpo, je incluso la muerte!**









**Precaución no se recomienda conectar en serie varias celdas solares para una salida de voltaje mayor a 48 V.**

## Sistema de navegación

El sistema de navegación se basa en el GPS, el cual funciona a partir de un teorema de triangulación entre un emisor y varios receptores (3 o más satélites) donde el tiempo de respuesta de las señales de cada uno y un sistema cartográfico de referencia (geográficas o planas) establece la ubicación del emisor en el geoide.



## Sistema de piloto automático

Este sistema es el encargado de ayudar al piloto, en las siguientes ocasiones

-  Return to home
-  Waypoints
-  Registro de datos del vuelo.
-  Descarga de datos
-  Secuencia de comandos
-  Repetir misiones
-  Soportar telemetría
-  En vuelo manual enviar información al operador.

## Sistema eléctrico

El sistema eléctrico de la aeronave VANT SOLVENDUS se basa en:

-  Sistema de celdas fotovoltaicas.
-  Baterías lipo.

Las baterías lipo (polímero de litio ) utilizadas por la aeronave son recargables, de muy bajo peso y con tiempos más altos, con mayor potencia que en conexión con motores eléctricos logran ser más eficientes que uno motor a combustión interna.

## 8. PINTURAS Y MARCAS

### Introducción del capítulo

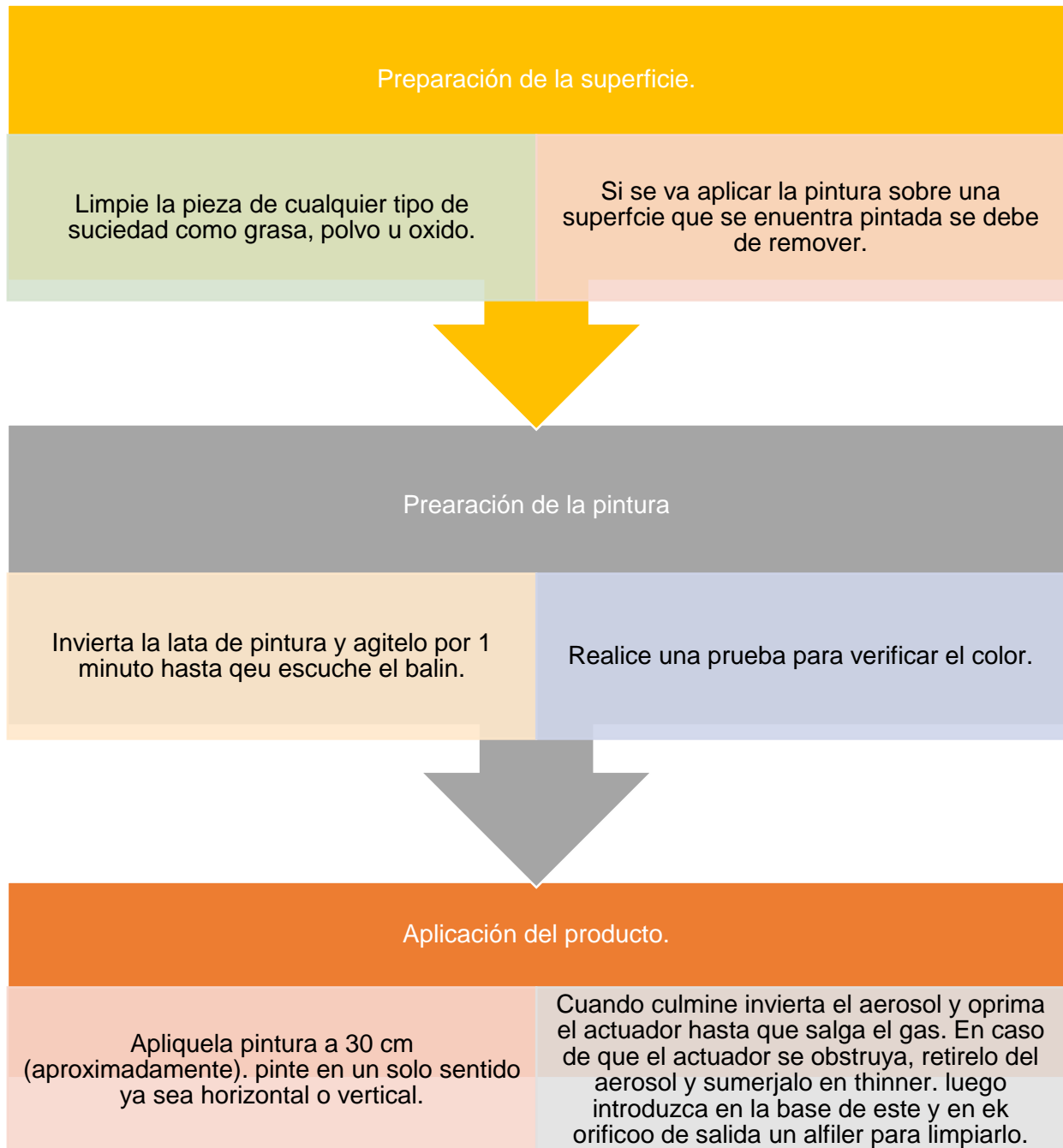
En este capítulo del manual se encuentra la información del tipo de pintura que es utilizada en la aeronave, y las marcas que debe de tener una aeronave en Colombia bajo el RAC.

### Pintura

La pintura utilizada para la aeronave es pintura en aerosol multisuperficie de marca pintuco, ya que tiene cualidades de resistencia y tiene filtro UV. Las partes que se pintan de la aeronave pueden verse en la siguiente tabla.

Zona	Sub-Zona	Parte
Empenaje	Estabilizador horizontal	Eje de rotación
Empenaje	Timón de profundidad	Eje de rotación
Empenaje	Estabilizadores verticales	Eje de rotación
Empenaje	Timones de cola	Eje de rotación

El fabricante de la pintura, indica el procedimiento a seguir.



## Marcas

### Bandera mercante de Colombia



Figura 8-1

La bandera mercante colombiana será de forma rectangular en proporciones de 15 de largo por 8 de alto.

### Marca de utilización

# FOTOGRAFÍA

La altura mínima de la marca es de 10 cm

### Marca de explotación



Figura 8-2

La ubicación de la marca según numeral 20.2.5.3.1.1. Del RAC en el párrafo 2 dice "Las marcas de explotación, cuando correspondan, se colocarán a ambos lados del fuselaje, en la parte superior, entre las alas y la nariz de la aeronave.

**Marcas opcionales****MARCA GICA**

Las marcas que se deseen colocar deberán tener de una solicitud formal al director del semillero de investigación VANT SOLVENDUS

**Caracterización de las marcas.**

Las letras serán mayúsculas, de tipo romano, sin adornos. Los números serán arábigos, sin adornos.

La anchura de cada uno de los caracteres (excepto la letra I y el número 1) y la longitud de los guiones, serán dos tercios de la altura de los caracteres.

Los caracteres y guiones estarán constituidos por líneas llenas y serán de un color que contraste claramente con el fondo. La anchura de las líneas será igual a una sexta parte de la altura de los caracteres.

Cada uno de los caracteres estará separado, del que inmediatamente le preceda o siga, por un espacio por lo menos igual a la cuarta parte de la anchura de un carácter. A este fin, el guion se considerará como una letra.





# VANT SOLVENDUS

## MANUAL DE VUELO DE LA AERONAVE



01 DE FEBRERO 2016

(Esta página en blanco)

## INDICE DE SECCIONES

<b>GENERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>LIMITACIONES.....</b>	<b>2</b>
<b>PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA.....</b>	<b>3</b>
<b>PROCEDIMIENTOS NORMALES.....</b>	<b>4</b>
<b>FUNCIONAMIENTO (PERFORMANCE).....</b>	<b>5</b>
<b>PESO Y BALANCE.....</b>	<b>6</b>
<b>SISTEMAS.....</b>	<b>7</b>

## AVISOS DE NOTA, PRECAUCIÓN Y SEGURIDAD

A lo largo de este manual, se presentan iconos que permiten al operador encontrar información importante.

### 1.1.1 Aviso de nota

Si parece este aviso indica que el operador debe de tener en cuenta algún procedimiento.

**NOTA**

### 1.1.2 Aviso de precaución

Precaución → Este aviso indica que puede presentarse un peligro.

**PRECAUCIÓN**

### 1.1.3 Aviso de advertencia

Este aviso indica que es una situación altamente peligrosa, que puede incurrir en la muerte del personal.

**ADVERTENCIA**

LISTA DE		6-3	Original
PAGINAS		6-4	Original
<b>Pagina</b>	<b>Fecha</b>		
Portada	Original	7-1	Original
i	Original	7-2	Original
ii	Original	7-3	Original
iii	Original	7-4	Original
iv	Original	7-5	Original
	Original	7-6	Original
1-1	Original		
1-2	Original	Fecha base	01/02/2016
1-3	Original		
1-4	Original		
1-5	Original		
1-6	Original		
2-1	Original		
2-2	Original		
3-1	Original		
3-2	Original		
3-3	Original		
3-4	Original		
3-5	Original		
4-1	Original		
4-2	Original		
4-3	Original		
4-6	Original		
4-7	Original		
4-8	Original		
5-1	Original		
5-2	Original		
5-3	Original		
6-1	Original		
6-2	Original		

# 1. GENERAL

## Introducción del capítulo

Esta parte del manual contiene información sobre la vista de la aeronave, datos descriptivos de, definiciones y abreviaciones con el fin de que el operador encuentre soporte para el vuelo seguro de la aeronave.

## Abreviaturas, glosario y símbolos

### Abreviaturas

AFM	Aircraft Flight Manual
AMM	Aircraft Maintenance Manual
ASTM	American Society for Testing and Materials
CAD	Computer-Aided Design
CMTC	Centro de Manufactura y Textiles en Cuero
EPP	Elementos de Protección Personal
FAA	Federal Aviation Administration
FAR	Federal Aviation Regulations
GPS	Global Positioning System
ISA	International Standard Atmosphere
LRU	Line Replaceable Unit
MMA	Manual de Mantenimiento de la Aeronave
MVA	Manual de Vuelo de la Aeronave
MMEL	Master Minimum Equipment List
MSG	Maintenance Steering Group
OACI	Organización de Aviación Civil internacional
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PSA	Pressure Sensitive Adhesive
RAC	Reglamento Aeronáutico Colombiano
RPA	Remotely piloted Aircraft
RPAS	Remotely Piloted Aircraft system
SARPS	Standards and Recommended Practices
SENA	Servicio Nacional de aprendizaje
SLOG	Short Landing Ground
SLO	Short Landing
STO	Short Takeoff

STOG	Short takeoff Ground
UA	Unmanned Aircraft
UAS	Unmanned Aircraft Systems
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
VANT	Vehículo Aéreo No Tripulado

## Glosario

Advertencia	Es una señal que se utiliza para llamar la atención o alertar de un peligro inminente.
Aeronave	Es un tipo de maquina capaz de sustentarse en el aire por sus propios medios, por medio de reacciones entre sus forma y el aire.
ASTM	Por sus siglas en ingles American Society for Testing and Materials, es una asociación que desarrolla normas internacionales
ASTM 3039	Es el método estándar utilizado para hallar las propiedades mecánicas de los materiales compuestos.
Autónomo	Es una palabra utilizada en los UAS que indican que la aeronave no necesita de operación humana durante la misión.
Blede	Tela que se encarga de absorber la resina restante.
Breather	Tela que se encarga de envolver la pieza durante el vacío.
Cuerda	Es la longitud que existe entre el borde de ataque y el borde de fuga de un perfil aerodinámico.
Desempeño	Son las capacidades que tiene una aeronave que le permiten cumplir o llevar acabo la misión para la que está diseñada, estas capacidades son perturbadas por el medio donde se encuentre la aeronave
Eje longitudinal	Es un eje que indica la mitad de la aeronave en el plano horizontal
Emergencia	Es el motivo justificado por el cual se puede decir que la aeronave en este caso se encuentra amenazado bajo un peligro
Envergadura	Longitud que existe entre las puntas del ala.
FAR 23	Es la regulación de la FAA que indica los estándares de aeronavegabilidad para las aeronaves de categoría normal, utilitaria y acrobática

Fatiga	Es un fenómeno que experimentan los materiales que se exponen a cargas dinámicas, que conlleva a la ruptura de los mismos.
Grieta	Es un espacio que tiene expansión longitudinal causada por efectos naturales con muy poco anchor.
Hendidura	Es una grieta con mayor profundidad
Holgura	Es el espacio sobrante que existe entre dos cosas que encajan.
inspección	Es un método de exploración utilizado para identificar y evaluar.
Línea de dato	La línea datum es un punto de referencia con el cual se podrá sacar el CG de la aeronave. Esta línea usualmente está ubicada en la nariz de la aeronave y desde allí se toma las distancias horizontales de la ubicación de las cargas.
Línea de referencia	La línea de referencia es un eje imaginario ubicado aguas abajo de la aeronave con el fin de ubicar el CG sobre el plano vertical.
Mantenimiento	Aquellas actividades como cambiar, inspeccionar, revisar, reparar; con el fin de mantener la vida útil de la aeronave
Manual de mantenimiento	Documento en el cual se describen los procedimientos de reparación, tiempos de vida, procedimientos de ensambles y desensambles, procedimientos de mantenimiento en tierra para la aeronave.
Manual de vuelo	Documento en el cual se describen los procedimientos de los sistemas, límites, desempeño, emergencia que requiere el operador para volar la aeronave.
Materiales compuestos	Es un tipo de material que resulta de la unión de dos o más materiales con el fin de crear un material con capacidades singulares, con propiedades mecánicas y químicas excelentes en la fabricación de aeronaves.
Nota	Es una señal que se utiliza para indicar algo importante.
Peel ply	Tela que se encarga de pulir la superficie de la pieza que se le aplico el vacío.
Peso	Es la medida fuerza que actúa sobre un a objeto a causa de la gravedad
Precaución	Es una señal que se utiliza para prevenir un daño o un peligro.
Prueba	Es la acción que se realiza para examinar la veracidad de algo.
Radiación solar	Es el efecto electromagnético emitido por el sol.



Relación de Aspecto	Es la relación que existe entre la envergadura y el área del ala de la aeronave.
Relación de Taperado	Es la relación entre la cuerda de raíz y la cuerda de punta del ala.
Servicio	En aviación son todas aquellas actividades que se le prestan a la aeronave cuando esta se encuentra ya sea en tierra o en el aire.
Sustentación	Es la medida de fuerza que actúa sobre un objeto a causa del paso de un fluido como el aire, en el cual se crea una diferencia de presiones que permite sustentar la pieza.
Tarea	Son aquellas actividades que se llevan a cabo, en determinado tiempo bajo procedimientos ya planteados.
Techo de servicio	Es la altitud máxima a la que la aeronave puede volar por diseño.

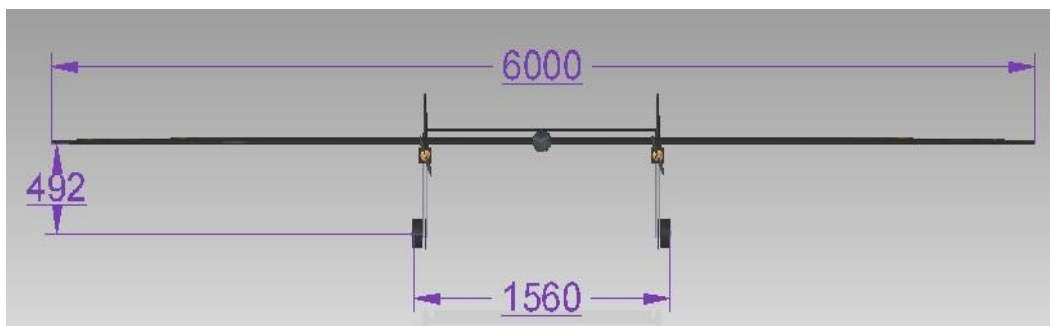
### Símbolos

°C	Celsius
°F	Fahrenheit
A	Amperios
A.m.	Antes meridiano
Ac	Corriente alterna
Ad	Corriente directa
Cg	Centro de gravedad
Cl	Coeficiente Lift
D	Drag
Fpm	Foot per minutes
Ft	Foot
G	Gramo
G	Gravedad
Gw	Gross Weight
H	Hora
In	Pulgada
Kg	Kilogramo
Knots	Nudos
L	Lift
M/s	Metros por segundo
Ma	Miliamperios
Min	Minuto
MI	Mililitro
Mm	Milímetro

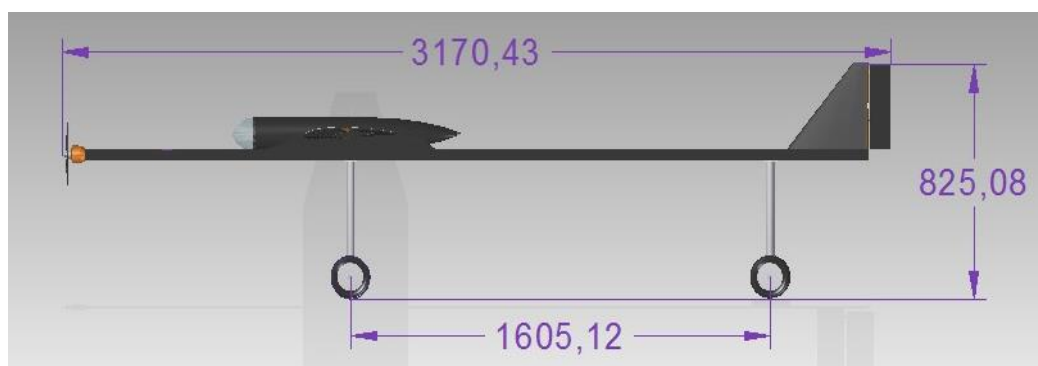
N_lim	Factor de carga limite
Nm	Nautical mile
Oz	Onza
P	Potencia
P.m.	Pasado meridiano
Psi	Pound Square inch
Rpm	Revoluciones Por minuto
Rx	Recepción
S	Superficie alar
Seg	Segundo
T	Thrust
Tx	Transmisión
V	Voltios
V1	Decition Speed
VA	Design maneuvering speed.
VC	Design cruise speed,
VD	Design diving speed
VMC	Minimum control speed.
VNE	Never exceed speed
VNO	Maximum structural cruising speed
VR	Rotation speed
VS	Stall speed
VSO	Stall speed in landing configuration
VX	Speed that will allow for best angle of climb
VY	speed that will allow for the best rate of Climb
W	Weight
$\alpha$	Ángulo de incidencia
$\rho$	Densidad
$\sigma$	Radio de densidad

## Vistas de la aeronave

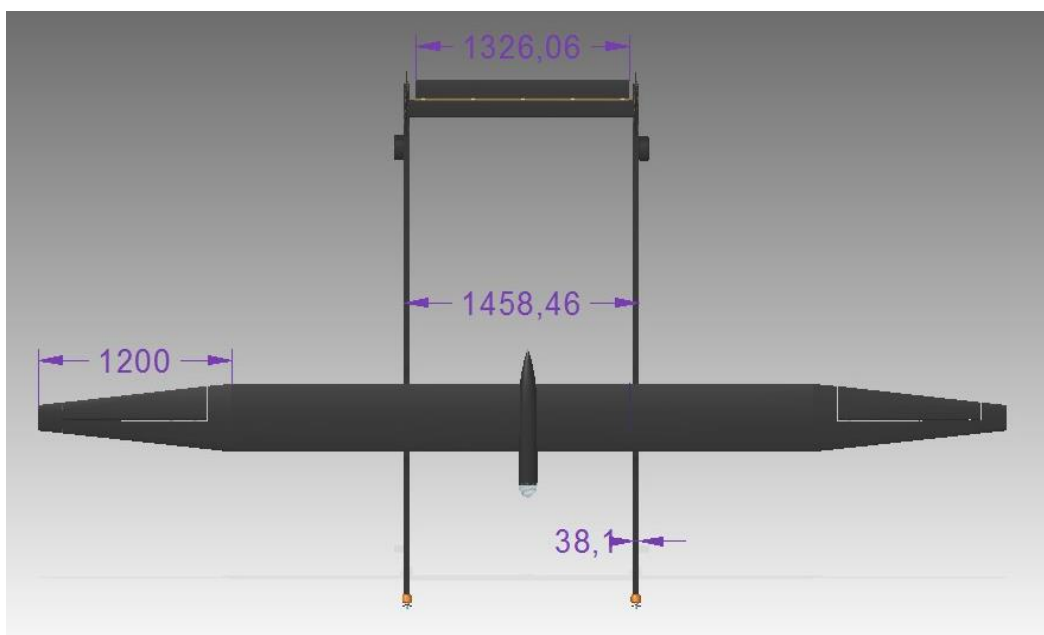
Las unidades de las dimensiones son en mm.



Vista frontal



Vista lateral



Vista Superior

Figura 1.1 Vistas de la aeronave

## 2. LIMITACIONES

### Introducción del capítulo.

Este capítulo contiene la información sobre rangos, límites, factores de carga, para que el operador vuele la aeronave con seguridad.

### Límites de velocidad.

Símbolo	Velocidad	Valor
$V_{NE}$	39,37	$\frac{m}{s}$
$V_{NO}$	35	$\frac{m}{s}$
$V_A$	23,02	$\frac{m}{s}$
$V_1$	0,65	$\frac{m}{s}$
$V_{mc}$	13,03	$\frac{m}{s}$

### Velocidades características

MARCA	VELOCIDAD	VALOR
Rango de operación normal	10,86 – 35	$\frac{m}{s}$
Rango de operación con precauciones	35- 39,375	$\frac{m}{s}$
Operación a máxima velocidad	39,375	$\frac{m}{s}$

### Límites del motor

El fabricante no reporta límites de operación.

## Formación de hielo

La aeronave VANT SOLVENDUS no tiene sistema anti-hielo y su operación no se puede realizar bajo la lluvia, por ende no se pueda operar en condiciones de formación de hielo.

## Carteles

### Cartel no mover superficies de control



Figura 2-1

### Cartel de velocidad de maniobra

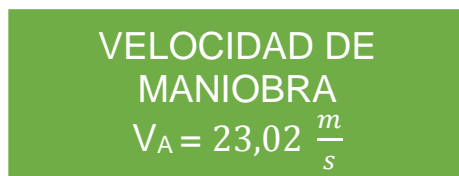


Figura 2-2

## Tipos de operación

Las operaciones de todos los instrumentos son realizados en vuelos de reglas visuales VFR

## 3. PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA

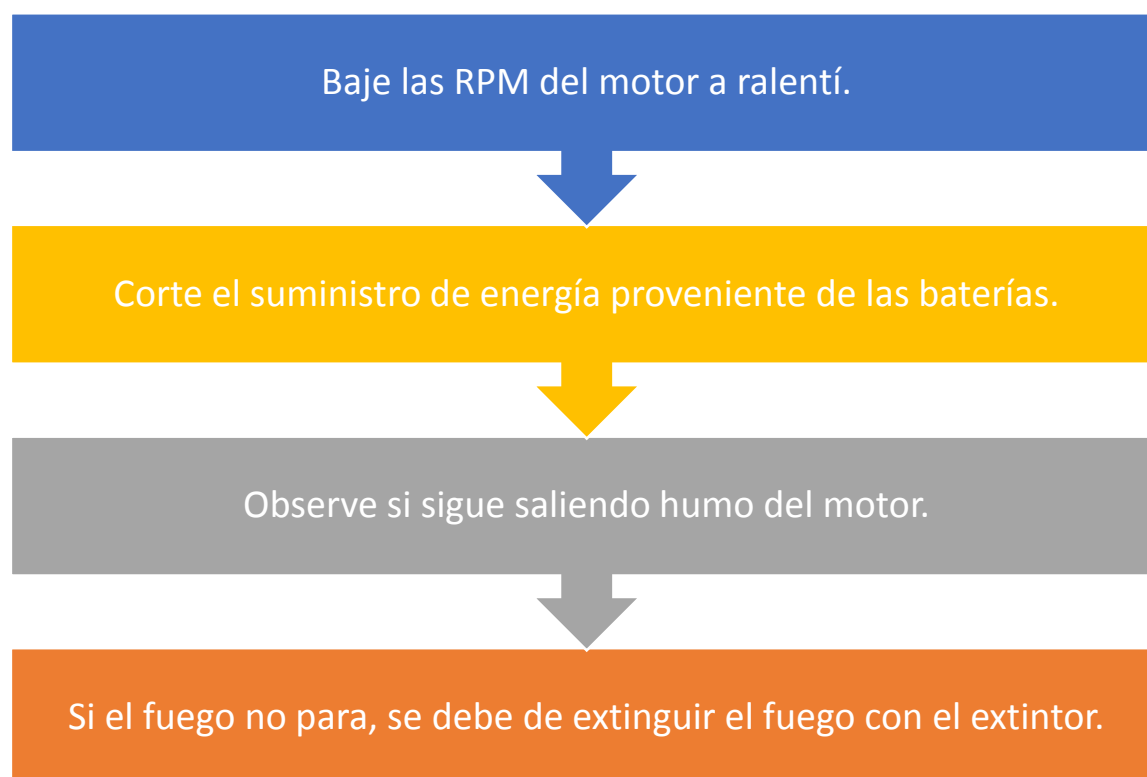
### Introducción del capítulo

Este capítulo del manual proporciona información al operador sobre procedimientos que puede realizar en caso de que ocurra en una emergencia, ya sea en vuelo o en tierra.

### Emergencia en tierra

#### Fuego en el motor durante el inicio

En caso de que se presente este problema el operador debe seguir el siguiente procedimiento:



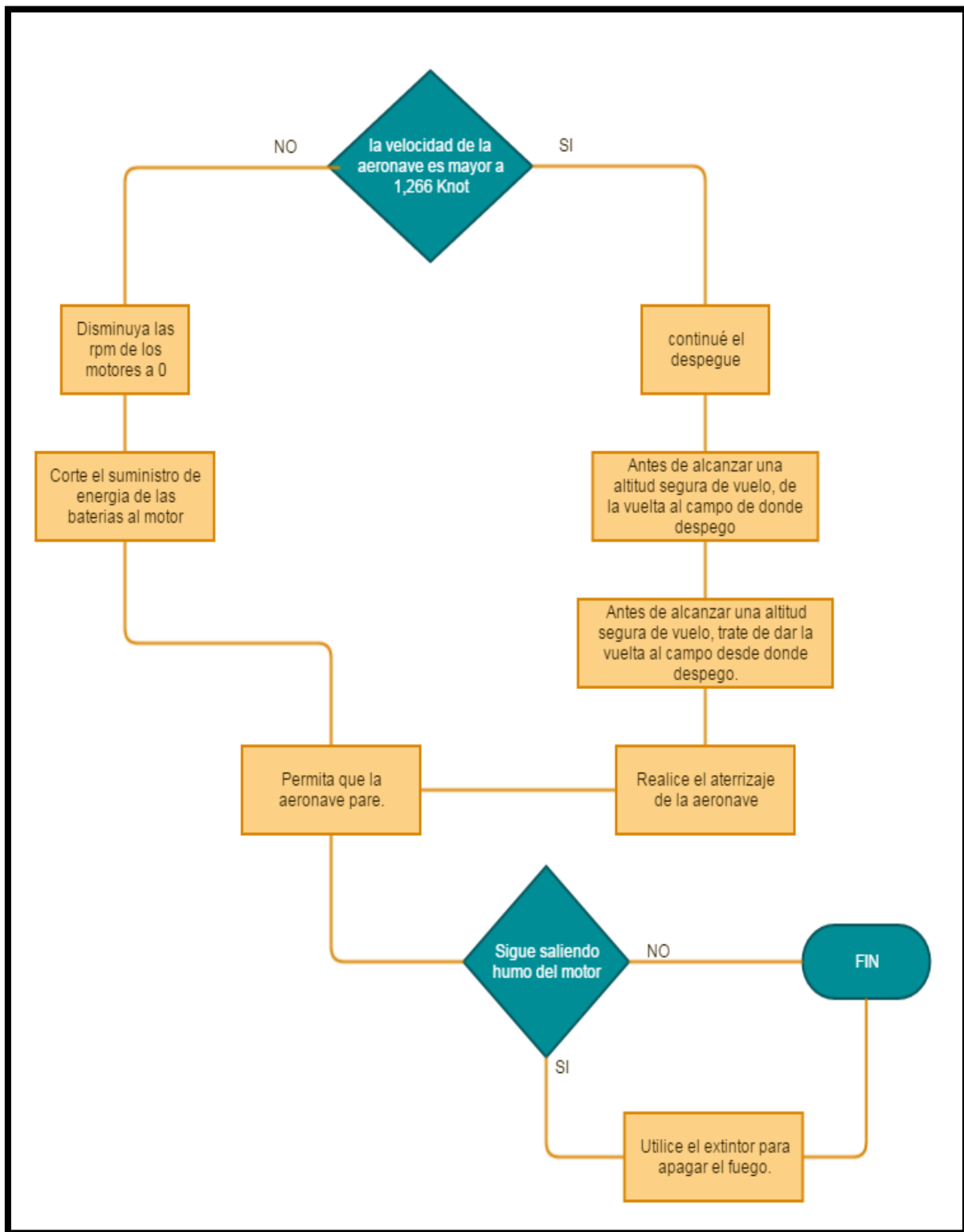
**Emergencia de fuego en el motor durante el despegue**

Figura 3-1

## Emergencias en vuelo

### Daño del motor después del despegue.

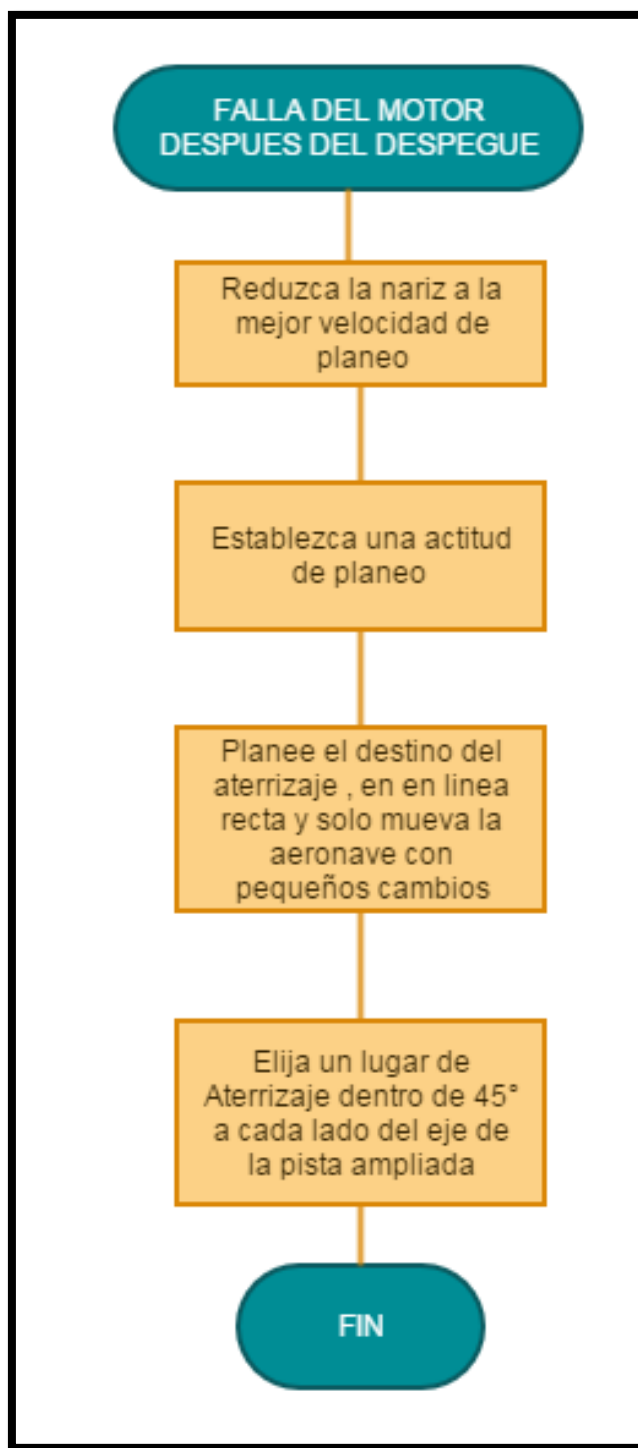
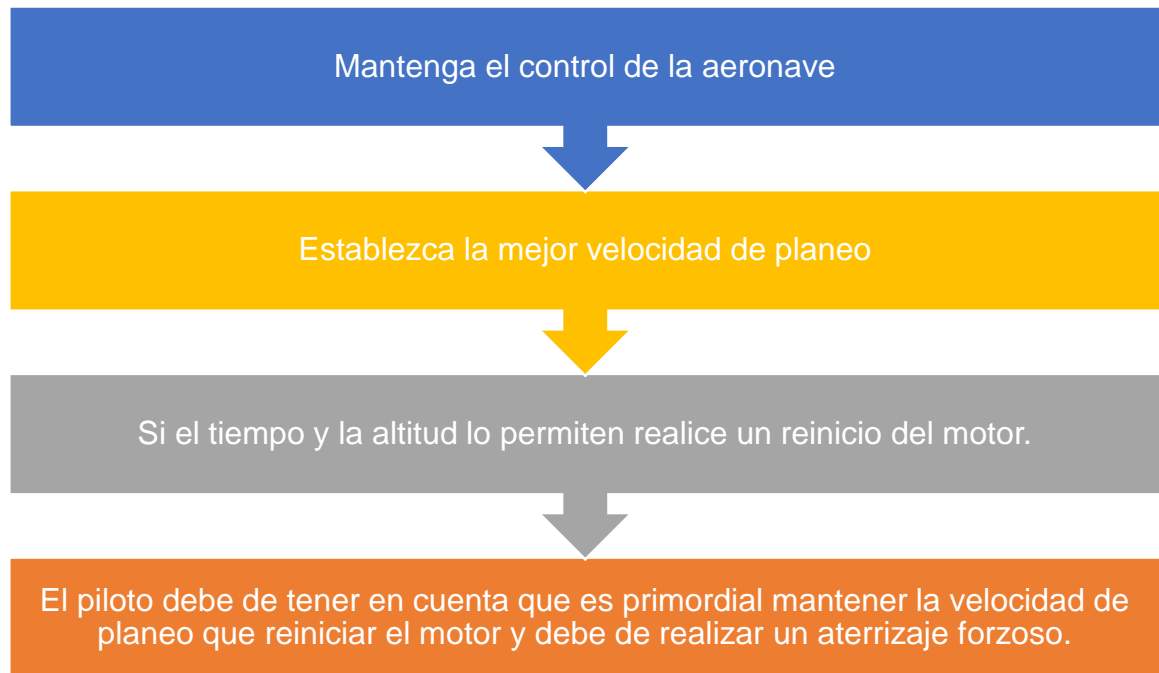


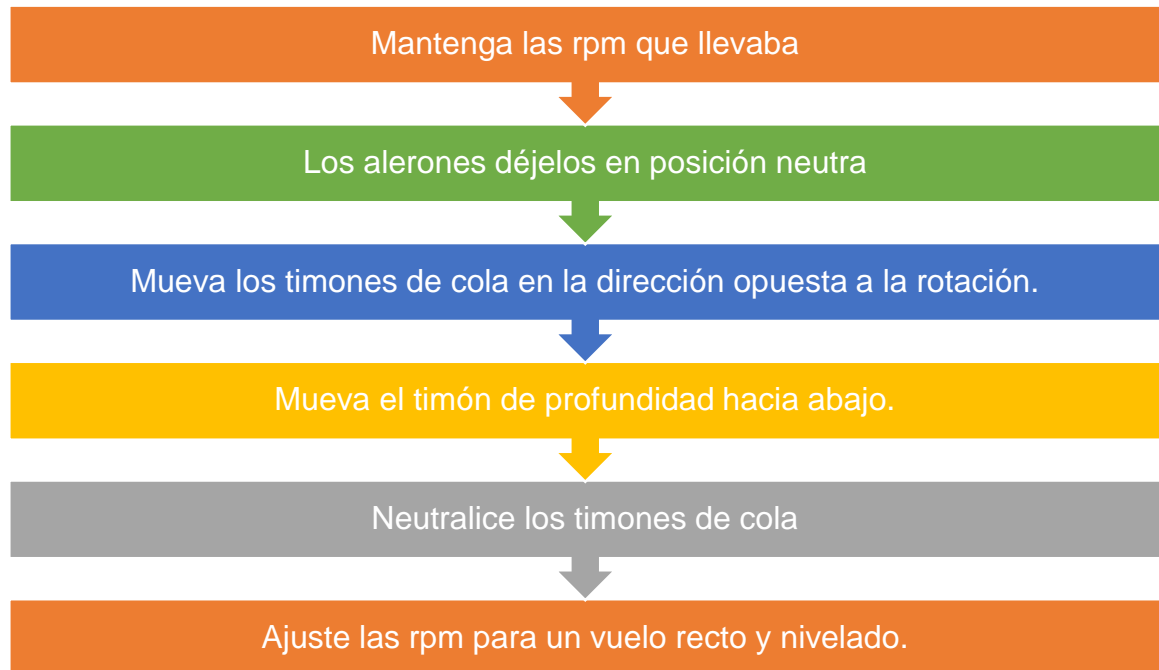
Figura 3-2



**Fallo del motor durante el vuelo.****Fuego en el motor en vuelo.**

**Giro involuntario**

Si se presenta un giro involuntario, realice el siguiente procedimiento.

**Aterrizaje de emergencia**

## 4. PROCEDIMIENTOS NORMALES

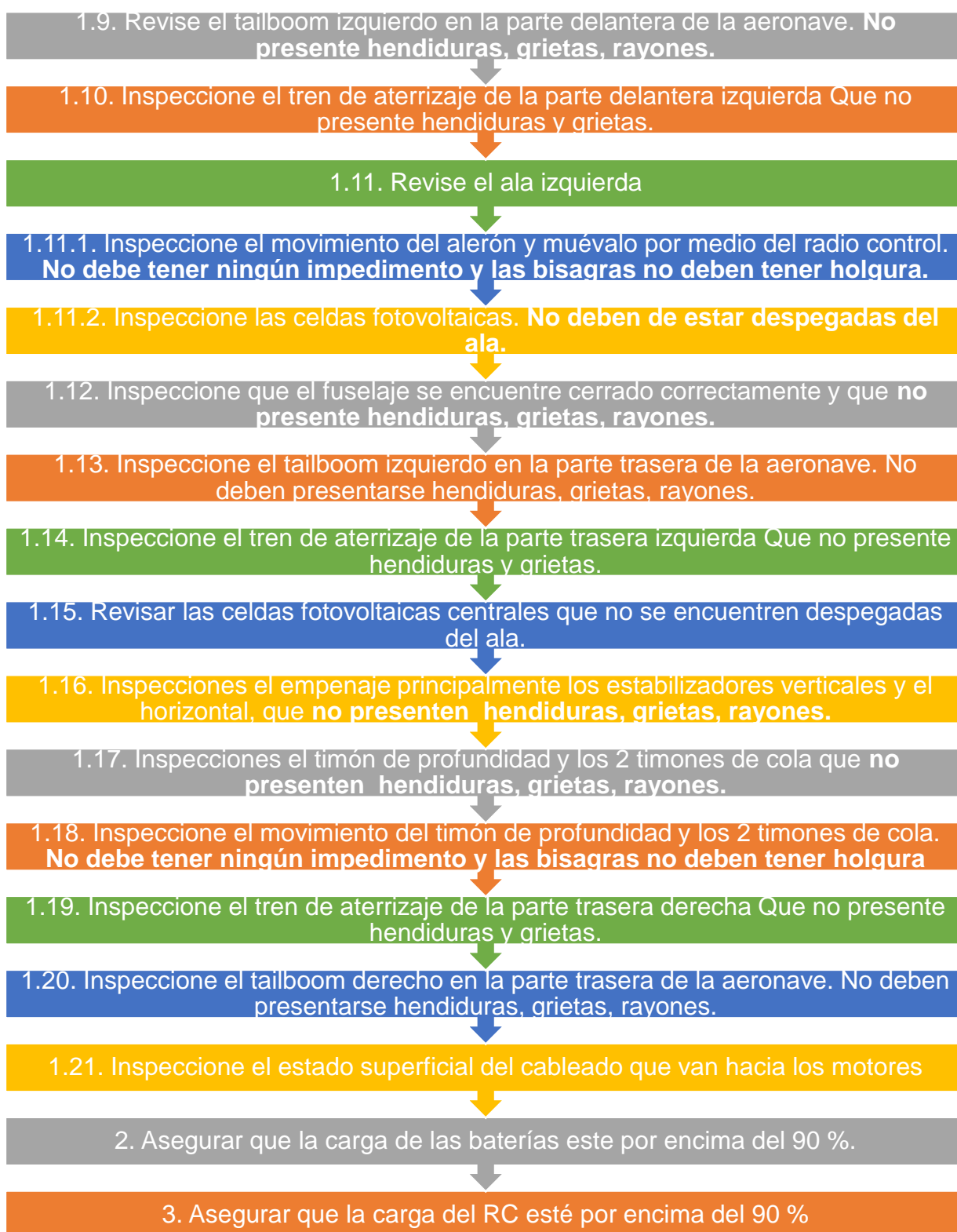
### Introducción del capítulo

Este capítulo se realizó con el fin de definir los procedimientos usuales que tiene que llevar acabo el operador durante la misión a la que está diseñada la aeronave.

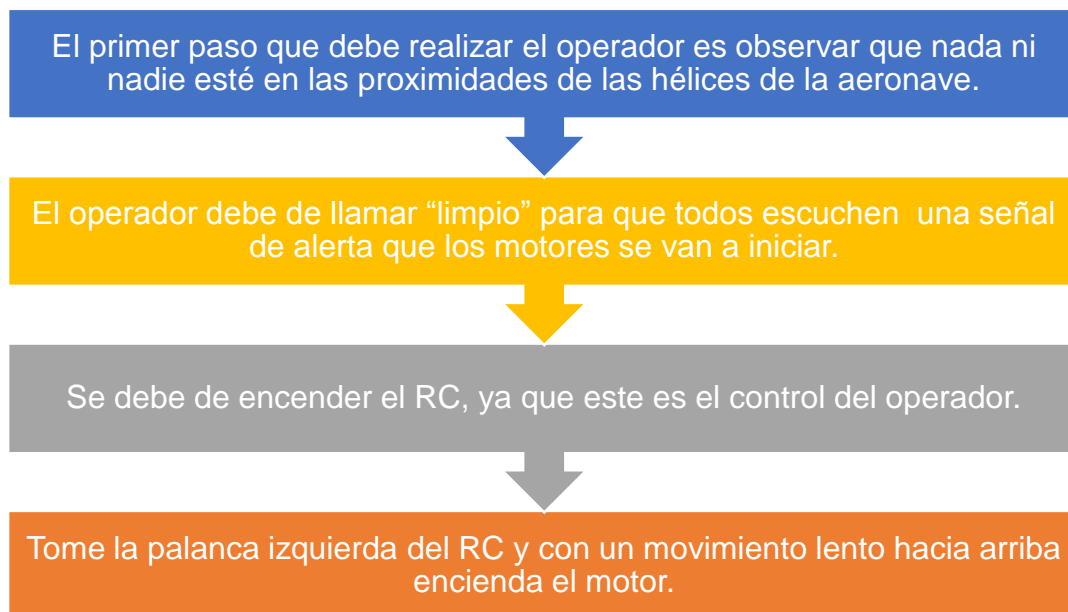
### Prevuelo

El prevuelo para la aeronave VANT SOLVENDUS comprende una lista de chequeo.





## Iniciar el motor



## Carreteo

Si la aeronave recibe el viento por el lado derecho de la nariz el operador debe de usar el alerón del ala izquierda, moviéndolo hacia arriba y el timón de profundidad debe de estar en posición neutra.

Si la aeronave recibe el viento por el lado izquierdo de la nariz el operador debe de usar el alerón del ala derecha, moviéndolo hacia arriba y el timón de profundidad debe de estar en posición neutra.

Si la aeronave recibe el viento por el lado izquierdo de la cola el operador debe de usar el alerón del ala izquierda, moviéndolo hacia abajo y el timón de profundidad debe de estar en posición baja.

## Chequeo antes del despegue

El operador debe de observar que el terreno se encuentre libre de objetos que puedan afectar la hélice y el avión.



Antes de que se inicie la carrera de despegue el operador debe tener en cuenta que la aeronave puede estar moviéndose debido a que esta carece de frenos y ocasionando un movimiento no deseado.



El procedimiento debe de realizarse rápidamente antes de que la aeronave empiece a moverse a causa de los vientos.

## Ascenso




El operador aplicara durante el ascenso movimiento en el timón de profundidad para corregir el efecto causado por el aumento de la corriente deslizando, el cual se produce por un incremento de corriente generada por los motores que se descargan sobre el estabilizador.



Para que la aeronave se establezca en el nivel de vuelo deseado, la premisa indica que es el 10% de la velocidad de ascenso.

## Crucero

El operador de la aeronave debe conocer los 3 básicos fundamentos para maniobrar la aeronave en vuelo.

-  Efectos y usos de los controles.
-  Sentir la aeronave.
-  Aptitud de vuelo.

## Descenso

### Descenso por potencia parcial

Para realizar un descenso, se requiere perder energía parcialmente, denominado descenso en ruta a una velocidad de descenso entre 400 y 500 fpm.

### Descenso en mínima de seguridad

Entre las características de este descenso se observa que la aeronave debe de tener un Angulo de descenso más pronunciado y una excesiva tasa de descenso.

### Descenso por planeo

El operador debe de controlar el descenso por medio del equilibrio de las fuerzas que tiran de la aeronave y la sustentación.

El operador debe tener un alto nivel de concentración debido a la observación del comportamiento de la aeronave

El operador debe reconocer que no se genera corriente de aire proveniente de los motores.

## Aterrizaje

### Tramo básico

El procedimiento a seguir es:



### Aproximación final

El procedimiento a seguir es:





## Flare

### Procedimientos

Se inicia cuando la aeronave se encuentra a una altura con respecto al suelo en un rango de 10 a 20 pies, y es el siguiente:

Aumentar gradualmente la actitud, el cabeceo y el ángulo de ataque.



Disminuya lentamente la velocidad hasta que la aeronave se asiente lentamente sobre el suelo.

Nota no empuje el control del elevador hacia adelante debido a que puede conllevar a una excesiva tasa de pérdida.

### Señales visuales

Las señales visuales son aquellas que el operador utiliza para observar los cambios de perspectiva en la pista, como el tamaño de los objetos cercanos (profundidad), el ángulo que permite detectar muy bien los objetos es entre 10° y 15°

## Touchdown

Se debe mantener los motores en ralentí y una velocidad mínima controlable, la idea es aterrizar la aeronave cerca de la velocidad de pérdida.



Nota: si el operador observa que la aeronave tiene una velocidad más alta que la mínima estando a una altura entre 2 y 3 pies con respecto al suelo, controlar suavemente el elevador permite que se genere una presión que conlleva a ralentizar los motores y que la aeronave continuó su trayecto de aterrizaje.



Previo al toque de las ruedas principales con el suelo, la aeronave debe mantener un ángulo de ataque positivo para conservar el tren de nariz inclinado hasta que se desacelere la aeronave.

**Después del aterrizaje.**

El procedimiento a realizar después del aterrizaje se basa en desacelerar gradualmente la potencia del motor hasta alcanzar la velocidad de carreteo, por el contrario si no se desacelera el motor y se ejecuta un movimiento con una velocidad alta podría resultar en que la aeronave lleve a cabo un movimiento tipo bucle y previamente genere un accidente.

**Apagado de la aeronave.**

Los motores de la aeronave deben de ser apagados por lo que el procedimiento a realizar es reducir gradualmente las rpm de los motores hasta cero, previo a ello, la fuente de energía de los motores debe de ser desconectada.

**Finalización de la misión.**

Al finalizar la misión el operador debe dejar en posición todas las superficies de control, como alerones Timones de cola y de profundidad.




**Parqueo**

La aeronave VANT- SOLVENDUS, está diseñada para ser guardada luego de su operación en un cajón, preferiblemente mantenerlo en un lugar fresco, libre de humedad y de los rayos del sol. Si el operador desea mantener la aeronave armada, preferiblemente apárquela dentro de un hangar, donde se regule la temperatura, tenga buena ventilación, baja humedad; en caso de que la aeronave no se parquee en un hangar colocar un manto protector sobre la misma. Previamente se debe atar la aeronave al suelo con el fin de que los vientos no la muevan.

**Atar**

Cuando la aeronave esta aparcada, ate esta al suelo de la siguiente manera, extienda un cable desde cada punto donde se colocan las barras de remolque en los trenes de aterrizaje delanteros y asegure estos a los puntos dispuestos en el suelo del hangar. Para asegurar la aeronave en la parte trasera, los trenes de aterrizaje traseros tienen dispuestos dos huecos para colocar un cable y este asegurarlo al suelo.

Se debe tener en cuenta:

-  Si la aeronave estará más de 2 días estacionada se debe de colocar protectores sobre las hélices.
-  Se deben colocar las cuñas en la ruedas.
-  Se debe bloquear las superficies de control de la aeronave.

Asegurar de que no haya escombros en un radio de 20 m desde el centro de la aeronave.

## 5. FUNCIONAMIENTO (PERFORMANCE)

### Introducción del capítulo

Esta sección contiene los datos de distancias de despegue y aterrizaje, contiene el formato de la tabla ISA, utilizada para conocer los diferentes cambios de la atmosfera según la altura.

### Tabla ISA

Esta carta provee información sobre el comportamiento de la temperatura a diferentes alturas de presión.

ALTITUDE (Feet)	TEMP. (°C)	PRESSURE			PRESSURE RATIO $\delta = P/P_0$	DENSITY $\sigma = \rho/\rho_0$	Speed of sound (kt)	ALTITUDE (meters)
		hPa	PSI	In Hg				
40 000	- 56.5	188	2.72	5.54	0.1851	0.2462	573	12 192
39 000	- 56.5	197	2.58	5.81	0.1942	0.2583	573	11 887
38 000	- 56.5	206	2.99	6.10	0.2038	0.2710	573	11 582
37 000	- 56.5	217	3.14	6.40	0.2138	0.2844	573	11 278
36 000	- 56.3	227	3.30	6.71	0.2243	0.2981	573	10 973
35 000	- 54.3	238	3.46	7.04	0.2353	0.3099	576	10 668
34 000	- 52.4	250	3.63	7.38	0.2467	0.3220	579	10 363
33 000	- 50.4	262	3.80	7.74	0.2586	0.3345	581	10 058
32 000	- 48.4	274	3.98	8.11	0.2709	0.3473	584	9 754
31 000	- 46.4	287	4.17	8.49	0.2837	0.3605	586	9 449
30 000	- 44.4	301	4.36	8.89	0.2970	0.3741	589	9 144
29 000	- 42.5	315	4.57	9.30	0.3107	0.3881	591	8 839
28 000	- 40.5	329	4.78	9.73	0.3250	0.4025	594	8 534
27 000	- 38.5	344	4.99	10.17	0.3398	0.4173	597	8 230
26 000	- 36.5	360	5.22	10.63	0.3552	0.4325	599	7 925
25 000	- 34.5	376	5.45	11.10	0.3711	0.4481	602	7 620
24 000	- 32.5	393	5.70	11.60	0.3876	0.4642	604	7 315
23 000	- 30.6	410	5.95	12.11	0.4046	0.4806	607	7 010
22 000	- 28.6	428	6.21	12.64	0.4223	0.4976	609	6 706
21 000	- 26.6	446	6.47	13.18	0.4406	0.5150	611	6 401
20 000	- 24.6	466	6.75	13.75	0.4595	0.5328	614	6 096
19 000	- 22.6	485	7.04	14.34	0.4791	0.5511	616	5 791
18 000	- 20.7	506	7.34	14.94	0.4994	0.5699	619	5 486
17 000	- 18.7	527	7.65	15.57	0.5203	0.5892	621	5 182
16 000	- 16.7	549	7.97	16.22	0.5420	0.6090	624	4 877
15 000	- 14.7	572	8.29	16.89	0.5643	0.6292	626	4 572
14 000	- 12.7	595	8.63	17.58	0.5875	0.6500	628	4 267
13 000	- 10.8	619	8.99	18.29	0.6113	0.6713	631	3 962
12 000	- 8.8	644	9.35	19.03	0.6360	0.6932	633	3 658
11 000	- 6.8	670	9.72	19.79	0.6614	0.7156	636	3 353
10 000	- 4.8	697	10.10	20.58	0.6877	0.7385	638	3 048
9 000	- 2.8	724	10.51	21.39	0.7148	0.7620	640	2 743
8 000	- 0.8	753	10.92	22.22	0.7428	0.7860	643	2 438
7 000	+ 1.1	782	11.34	23.09	0.7716	0.8106	645	2 134
6 000	+ 3.1	812	11.78	23.98	0.8014	0.8359	647	1 829
5 000	+ 5.1	843	12.23	24.90	0.8320	0.8617	650	1 524
4 000	+ 7.1	875	12.69	25.84	0.8637	0.8881	652	1 219
3 000	+ 9.1	908	13.17	26.82	0.8962	0.9151	654	914
2 000	+ 11.0	942	13.67	27.82	0.9298	0.9428	656	610
1 000	+ 13.0	977	14.17	28.86	0.9644	0.9711	659	305
0	+ 15.0	1013	14.70	29.92	1.0000	1.0000	661	0
- 1 000	+ 17.0	1050	15.23	31.02	1.0366	1.0295	664	- 305

Figura 5-1

**Distancia de despegue.**

DISTANCIA DE DESPEGUE			
ALTITUD	$\Sigma$	DISTANCIA	(ft)
0	1,000	STOG	56,61
		STO	90,58
1000	1,229	STOG	46,06
		STO	73,69
2000	0,943	STOG	60,05
		STO	96,07
3000	0,915	STOG	61,87
		STO	98,98
4000	0,888	STOG	63,75
		STO	102,00
5000	0,862	STOG	65,70
		STO	105,12
6000	0,836	STOG	67,73
		STO	108,37
7000	0,811	STOG	69,85
		STO	111,76
8000	0,786	STOG	72,04
		STO	115,26
9000	0,762	STOG	74,31
		STO	118,89

**Distancia de aterrizaje**

DISTANCIA DE ATERRIZAJE			
ALTITUD	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	DISTANCIA	(ft)
0	1,229	SLG	29,64
		SL	57,45
1000	1,193	SLG	30,53
		SL	59,16
2000	1,159	SLG	31,44
		SL	60,94
3000	1,125	SLG	32,39
		SLG	62,78
4000	1,091	SLG	33,38
		SL	64,69
5000	1,059	SLG	34,40
		SL	66,67
6000	1,027	SLG	35,46
		SL	68,73
7000	0,996	SLG	36,57
		SL	70,87
8000	0,966	SLG	37,72
		SL	73,09
9000	0,936	SLG	38,90
		SL	75,39

## 6. PESO Y BALANCE

El peso y balance es uno de los procedimientos más importantes para la operación segura de la aeronave, debido a que si se presenta una mala distribución de los pesos y el centro de gravedad no está en el lugar correcto, se ven afectados los siguientes factores.

- ✚ Permite el vuelo eficiente de la aeronave.
- ✚ Mantiene la vida útil de la aeronave.
- ✚ Seguridad operacional.

### Definiciones

- ✚ Centro de gravedad (CG): Es el punto imaginario en el cual se considera concentrada toda la masa del avión. Normalmente se considera este situado en el eje longitudinal y aproximadamente a  $\frac{1}{4}$  de distancia de la línea imaginaria (datum) o borde de ataque del ala.
- ✚ Rango CG: El rango del centro de gravedad es la distancia entre los límites permitidos delantero y trasero del CG en vacío.
- ✚ Momento: Un momento es una fuerza que trata de causar rotación, y es el producto del brazo, en pulgadas, y el peso, en libras. Los momentos son generalmente expresados en libras-pulgada (lb-in) y pueden ser positivos o negativos.
- ✚ Línea Datum: La línea datum es un punto de referencia con el cual se podrá sacar el CG de la aeronave. Esta línea usualmente está ubicada en la nariz de la aeronave y desde allí se toma las distancias horizontales de la ubicación de las cargas.
- ✚ Eje longitudinal: Es un eje que indica la mitad de la aeronave en el plano horizontal
- ✚ Cuerda media: es una línea recta que divide el borde de ataque con el borde de fuga del ala.

### Procedimiento

Para determinar el centro de gravedad de la aeronave hay que tener en cuenta, tres ejes invisibles que se deben ubicar en la aeronave y están ubicados así:

- ✚ Datum line: Está ubicado donde el motor (nariz del avión).
- ✚ Reference line: Está ubicado sobre el piso de la aeronave.
- ✚ Eje longitudinal: Está ubicado en la mitad del plano de la aeronave.

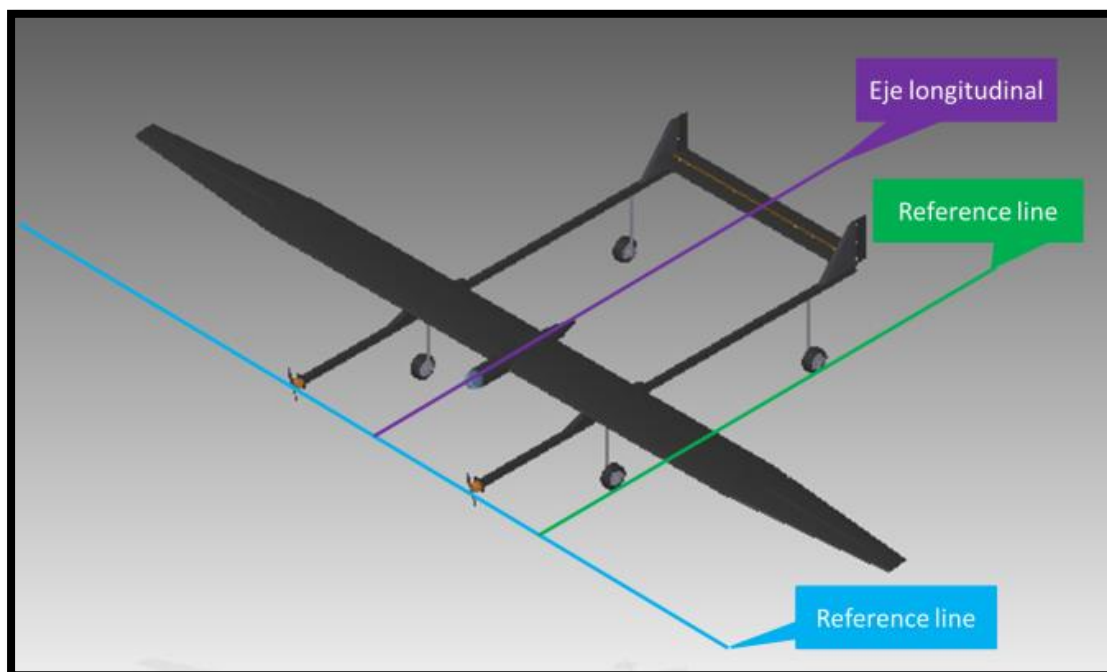


Figura 6-1

La aeronave VANT SOLVENDUS no es una aeronave diseñada con motores de combustión, si no con motores eléctricos alimentados por energía solar, la cual es tomada por las celdas fotovoltaicas ubicadas sobre el ala de la aeronave y su peso se suma al peso del ala, por lo tanto el peso del combustible y aceite tanto atrapado en líneas como en reservorios no es aplicable a la aeronave por que no existen. La tripulación no está sobre la aeronave si no es tripulada remotamente, por lo que el peso de tripulación tampoco es aplicable, la aeronave VANT SOLVENDUS no transporta pasajeros, equipaje ni carga por lo que estos ítems tampoco son aplicables.

Es decir que el peso de la aeronave en vacío es el mismo peso de operación y de despegue.

### Calculo del CG de la aeronave.

COMPONENTES	W <sub>I</sub>	X <sub>I</sub> (mm)	Y <sub>I</sub> (mm)	Z <sub>I</sub> (mm)	W <sub>I</sub> *X <sub>I</sub> (g*mm)	W <sub>I</sub> *Y <sub>I</sub> (g*mm)	W <sub>I</sub> *Z <sub>I</sub> (g*mm)
ALA	5915	1124,66	0	580,63	6652363,9	0	3434426,45
MOTOR DERECHO	1110	56,46	670,72	505,92	62670,6	744499,2	561571,2
MOTOR IZQUIERDO	1110	56,46	-670,72	505,92	62670,6	-744499,2	561571,2
FUSELAJE	288	926,57	0	577,81	266852,16	0	166409,28

ESTABILIZADOR VERTICAL DERECHO	186	3005,87	671	680	559091,82	124806	126480
ESTABILIZADOR VERTICAL IZQUIERDO	186	3005,87	-671	680	559091,82	-124806	126480
ESTABILIZADOR HORIZONTAL	536	2948,08	0	630	1580170,88	0	337680
TREN DE ATERRIZAJE DERECHO DELANTERO	400	1103,28	704,75	127,725	441312	281900	51090
TREN DE ATERRIZAJE DERECHO TRASERO	400	2888,4	704,75	127,725	1155360	281900	51090
TREN DE ATERRIZAJE IZQUIERDO TRASERO	400	2888,4	-704,75	127,725	1155360	-281900	51090
TREN DE ATERRIZAJE IZQUIERDO DELANTERO	400	1103,28	-704,75	127,725	441312	-281900	51090
EQUIPO MINIMO	3000	783,98	0	577,81	2351940	0	1733430
TAILBOOM DERECHO	629	1588,43	669,97	504,51	999122,47	421411,13	317336,79
TAILBOOM IZQUIERDO	629	1588,43	-669,97	504,51	999122,47	-421411,13	317336,79
TOTAL	15189	23068,17	0	6258,01	17286440,72	0	7887081,71

Fuente: Autores

Tabla 1. CG procedimiento normal

<b>CG Datum line X<sub>I</sub> =</b> <b><math>(\sum W \cdot X_I) / (\sum W)</math></b>	<b>CG Reference line Y<sub>I</sub> =</b> <b><math>(\sum W \cdot Y_I) / (\sum W)</math></b>	<b>CG Eje longitudinal</b> <b>Z<sub>I</sub> = <math>(\sum W \cdot Z_I) / (\sum W)</math></b>
---	---	---



1138,08945	0	519,262737
------------	---	------------

Se realiza un promedio entre el CG calculado en CAD y el CG calculado con el procedimiento normal

Tabla 2. Comparación CG

	<b>CG Datum line (X_I) mm</b>	<b>CG Reference line (Y_I) mm</b>	<b>CG Eje longitudinal (Z_I) mm</b>
<b>Procedimiento normal</b>	1138,08945	0	519,262737
<b>CAD</b>	1233,36	0	540,29
<b>Promedio</b>	<b>1185,72473</b>	<b>0</b>	<b>529,776368</b>

Las distancias fueron calculadas por medio del CAD de la aeronave, ubicando el centro de masa de cada componente y realizando una cota desde cada hacia allí.

## Rango del CG

El centro de gravedad de la aeronave no tiene rango ya que el peso de la aeronave no cambia en ninguna fase del vuelo.

## 7. SISTEMAS

### Introducción del capítulo

En esta sección se describe cada uno de los sistemas utilizados por la aeronave, con una descripción de los mismos y que tipo de mantenimiento y procedimientos se realiza a cada uno de ellos.

### Controles de vuelo

#### Control de cabeceo

El movimiento del timón de profundidad es realizado por un servocontrol, ubicados en la parte inferior del estabilizador horizontal, del servo control sale una varilla que transmite el movimiento generado hacia un cuerno ubicado en la parte central del timón de profundidad.

El RC envía la señal que es recibida por el receptor y este a su vez envía la información al control de velocidad, el cual es el encargado de variar la energía que necesita el servo control

#### Control de guiñada

El movimiento de los timones de cola es realizado por un servocontrol en cada timón, ubicados sobre la cara interior de cada estabilizador vertical, del servo control sale una varilla que transmite el movimiento generado hacia un cuerno ubicado en la parte superior del timón de cola.

El RC envía la señal que es recibida por el receptor y este a su vez envía la información al control de velocidad, el cual es el encargado de variar la energía que necesita el servo control.

#### Control de alabeo

El movimiento de los alerones es realizado por un servocontrol en cada alerón, ubicados en la parte interna del ala, del servo control sale una barra que transmite el movimiento generado hacia un cuerno ubicado en la parte central del timón de profundidad.

El RC envía la señal que es recibida por el receptor y este a su vez envía la información al speed control, el cual es el encargado de variar la energía que necesita el servo control.

## Sistema de telemetría

Este sistema es el responsable de la comunicación entre la estación en tierra y la aeronave en vuelo, por lo que está compuesto con dos módulos diferentes, cada uno con sus respectivas antenas (Tx y Rx), se debe tener en cuenta la selección de la frecuencia más adecuada, con el fin de enlazar la comunicación entre los dos módulos. Ya que se puede presentar interferencia, o violar una frecuencia privada. Gracias a este sistema se podrá conocer la posición de la aeronave y el envío de datos desde la estación en tierra.

## Sistema de comunicaciones

El sistema de comunicaciones se basa en los dispositivos Crius mavlink-OSD que es el sistema que permite controlar en tierra y mediante el uso de un software de video, tener lectura en tiempo real de la posición, velocidad, altura, actitud de vuelo y video en tiempo real de la aeronave. El segundo sistema es el Crius power module es el sistema que permite controlar en tierra el nivel de carga, voltaje, corriente y eficiencia de las baterías de la aeronave.

Este sistema tiene conexión de la Gopro Hero que es la cámara de video, la cual envía la información al ardupilot.

## Sistema de celdas fotovoltaicas

En este capítulo del manual se habla de la fuente principal de energía de la aeronave, el cual es un sistema de celdas fotovoltaicas encargadas de tomar la energía solar y convertirla en energía eléctrica.

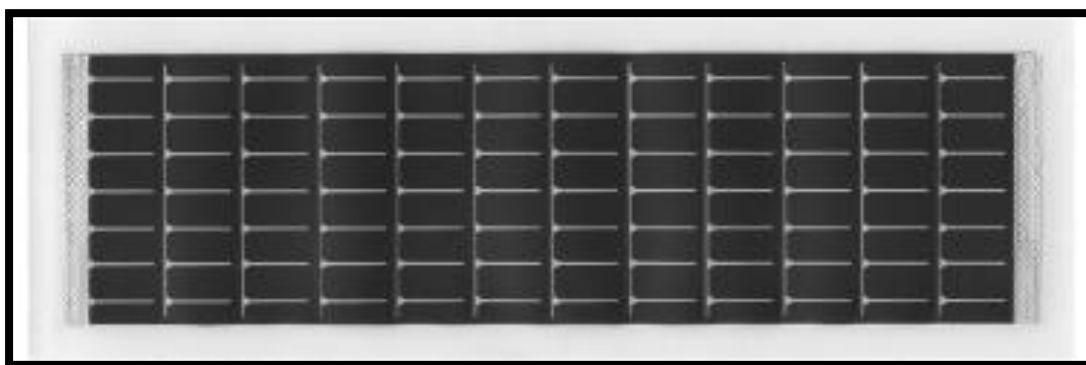


Figura 7-1

Las celdas fotovoltaicas de la aeronave son RC7.2-75 PSA, es una celda fotovoltaica que contiene un PSA (Pressure Sensitive Adhesive) en la parte trasera, el cual permite adherirse a la piel del ala muy bien.

## Introducción del capítulo

Esta sección del AMM contiene los datos necesarios para que el operador instale y desinstale las celdas, contiene información de parámetros y características principales de las celdas.

### Parámetros de la celda

#### Eléctricos




Parámetro	Valor	Unidad
<b>Potencia</b>	0,72	W
<b>Voltaje</b>	7,2	V
<b>Voltaje(OC)</b>	10,5	V
<b>Corriente</b>	100	mA
<b>Corriente (SC)</b>	120	mA

#### Mecánicos

Parámetro	Valor	Unidad
<b>Altura</b>	0.2	Mm
<b>Longitud</b>	90	Mm
<b>Ancho</b>	270	Mm
<b>Tamaño de apertura</b>	75-240	Mm
<b>Peso</b>	7,6	g

#### Operacional

El comportamiento de las celdas depende de tres factores importantes:

-  Radiación solar
-  Tiempo de carga
-  Temperatura

PRUEBA	TEMPERATURA AMBIENTE	HORA DEL DÍA	ESTADO DEL TIEMPO
PRUEBA 1	19°C - 20°C	2:00 p. m.	SOLEADO
PRUEBA 2	19°C - 20°C	2:15 p.m.	SOLEADO
PRUEBA 3	19°C - 20°C	2:30 p. m.	SOLEADO
PRUEBA 4	19°C - 20°C	2:45 p.m.	SOLEADO
PRUEBA 5	19°C - 20°C	3:00 p.m.	SOLEADO
PRUEBA 6	19°C - 20°C	3:15 p.m.	SOLEADO
PRUEBA 7	19°C - 20°C	3:30 p.m.	SOLEADO
PRUEBA 8	18°C - 19°C	3:45 p.m.	PARCIALMENTE NUBLADO
PRUEBA 9	18°C - 19°C	4:00 p.m.	PARCIALMENTE NUBLADO
PRUEBA 10	18°C - 19°C	4:15 p.m.	PARCIALMENTE NUBLADO

Figura 7-2

## Información principal de la celda

Polaridad de la celda

La polaridad se puede observar en la imagen 34, donde se reconoce el lado positivo porque tiene en su costado izquierdo líneas paralelas.

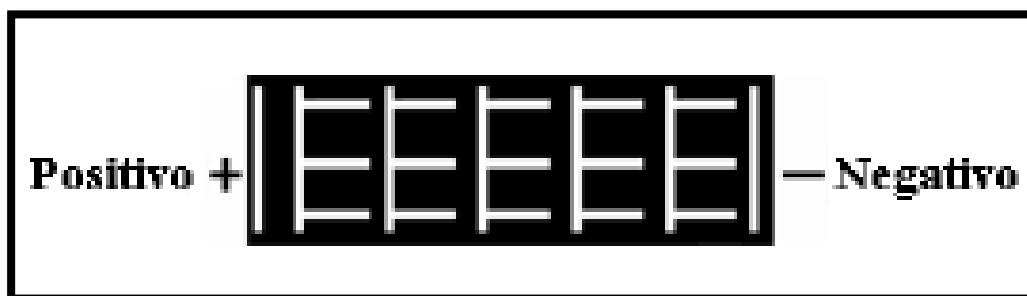


Figura 7-3

## En las noches

En las noches se debe de desconectar las celdas fotovoltaicas de la batería con el fin de que la corriente no circule de las celdas hacia las baterías.

## La conexión de la celda

Se realiza mediante soldadura, los cables se conectan a la cinta de cobre recubierta de lata ubicada en los bordes de la celda.

## Derretir la capa protectora de la cinta de cobre

Se debe realizar con la punta del cautín cuando, el operador tiene que tener precaución con el modulo solar al momento de derretir la capa protectora.

## Temperatura ideal de soldadura

La temperatura debe de oscilar entre 315°C a 343 °C.

### Tipo de conexiones

La siguiente imagen muestra cómo se debe de conectar las celdas y la batería recargable dependiendo del tipo de conexión a usar.

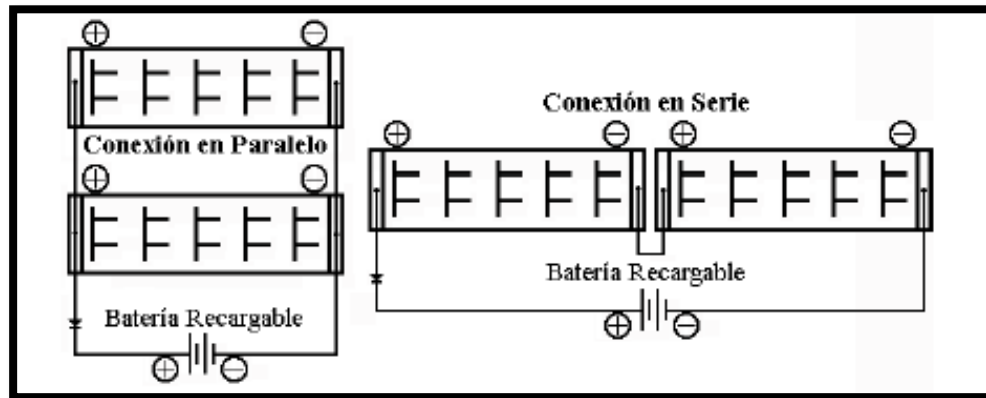


Figura 7-4

### Sujeción de la celda

La celda tiene un sistema PSA el cual es un adhesivo que contiene en su parte inferior, este tiene un protector que debe ser retirado para pegar la celda a la piel del ala.

### Diámetro mínimo de los cables

Por el fabricante es recomendado cables con un diámetro mínimo de 5mm.

**! No conecte la batería al revés o con la polaridad invertida al módulo solar, ya que destruirá el módulo solar y la batería podría explotar, causando quemaduras en el cuerpo, je incluso la muerte!**









**Precaución no se recomienda conectar en serie varias celdas solares para una salida de voltaje mayor a 48 V.**

### Sistema de navegación

El sistema de navegación se basa en el GPS, el cual funciona a partir de un teorema de triangulación entre un emisor y varios receptores (3 o más satélites) donde el tiempo de respuesta de las señales de cada uno y un sistema cartográfico de referencia (geográficas o planas) establece la ubicación del emisor en el geoide.



## Sistema de piloto automático

Este sistema es el encargado de ayudar al piloto, en las siguientes ocasiones

-  Return to home
-  Waypoints
-  Registro de datos del vuelo.
-  Descarga de datos
-  Secuencia de comandos
-  Repetir misiones
-  Soportar telemetría
-  En vuelo manual enviar información al operador.

## Sistema eléctrico

El sistema eléctrico de la aeronave VANT SOLVENDUS se basa en:

-  Sistema de celdas fotovoltaicas.
-  Baterías lipo.

Las baterías lipo (polímero de litio ) utilizadas por la aeronave son recargables, de muy bajo peso y con tiempos más altos, con mayor potencia que en conexión con motores eléctricos logran ser más eficientes que uno motor a combustión interna

**SILF-27** es un compuesto detergente altamente concentrado que, diluido con cualquier tipo de agua, dura o blanda; disuelve todo tipo de grasitud permitiendo el libre escurrimiento del agua de enjuague, dejando las superficies brillantemente limpias sin película residual ni marcas.

**SILF-27** cuando se utiliza con máquina espumadora, produce una consistente y compacta espuma que permanece por más tiempo sin perder sus propiedades.

**SILF-27** puede ser utilizado para el lavado manual, porque contiene agentes especiales que inhiben la acción irritante sobre la piel.

- **BIODEGRADABLE**
- **NO CONTIENE FENOLES, CROMATOS NI FOSFATOS**

**DISP. SENASA N° 790 - Año 1989**

LA TRINIDAD 232 (B1688FSF) VILLA TESEI  
Prov. de Bs. As. - Argentina  
Telefax: (011) 4450 -7209 / 8752 / 8753 / 3750  
e-mail: francoquimica@francoquimica.com.ar  
www: francoquimica.com.ar



## **SILF-27 EA**

### **DETERGENTE BIODEGRADABLE CONCENTRADO**



### **Instrucciones de uso:**

#### **LAVADO CON MAQUINA ESPUMADORA:**

- 1) Diluir 1 parte de SILF-27 en hasta 120 partes de agua, dependiendo esto, de la grasitud a remover y del tiempo del contacto de la espuma con la superficie a limpiar y agregar la solución al depósito de la máquina espumadora.
- 2) Aplicar la espuma sobre la superficie a limpiar y dejar actuar unos minutos.
- 3) Enjuagar con abundante agua a presión.

#### **LAVADO MANUAL:**

La disolución de SILF-27 con agua dependerá de la grasitud a remover y el tiempo de contacto con la solución preparada, pudiendo utilizarse hasta una parte de SILF-27 en 220 partes de agua.

**MANTENGA EL ENVASE CORRECTAMENTE CERRADO E IDENTIFICADO Y ALEJADO DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS.**

**CENTRO TOXICOLOGÍA: (011)4658-7777**

Contenido neto.....Lts.  
Industria Argentina

Anexo 3. Silf 27





## HexForce™ 282

Carbon Fabric

### Product Data

STYLE 282		US System	
Type of Yarns	Warp Yarn:	3K Carbon, 33MSI	
	Fill Yarn:	3K Carbon, 33MSI	
Fabric Weight, Dry		5.80 oz/yd <sup>2</sup>	197 g/m <sup>2</sup>
Weave Style	Plain		
CONSTRUCTION			
Nominal Construction	Warp Count:	12/in	
	Fill Count:	12/in	
Fabric Thickness		10.10 mil	0.26 mm

#### IMPORTANT

All information is believed to be accurate but is given without acceptance of liability. All values have been generated from limited data. The values listed for weight, thickness and breaking strengths are typical greige values, unless otherwise noted. Users should make their own assessment of the suitability of any product for the purpose required. All sales are made subject to our standard terms of sales which include limitations on liability and other important terms. The fabric style listed may not be available from inventory and minimum order quantities may apply.

#### FOR FURTHER INFORMATION, PLEASE CONTACT US



1913 North King Street  
Seguin, Texas 78155  
Phone: 830-379-1580  
Fax: 830-379-9544  
Customer Service Toll Free: 1-866-601-5430

For European sales office numbers and a full address list, please go to:  
<http://www.hexcel.com/contact/salesoffices>

© Hexcel and Hexcel logo are registered trademarks of Hexcel Corporation, Stamford, Connecticut.  
™ HexForce is a trademark of Hexcel Corporation, Stamford, Connecticut.

Anexo 4. Fibra de carbono hexforce<sup>tn</sup> 282



**HexForce™ 120**  
Fiber Glass Fabric

## Product Data

STYLE	120	US System	SI Units
Type of Yarns	Warp Yarn:	ECD 450 1/2	EC5 11 x2
	Fill Yarn:	ECD 450 1/2	EC5 11 x2
Fabric Weight, Dry		3.16 oz/yd <sup>2</sup>	107 g/m <sup>2</sup>
Weave Style	4 Harness Satin		
<b>CONSTRUCTION</b>			
Nominal Construction	Warp Count:	60/in	23.62/cm
	Fill Count:	58/in	22.83/cm
Fabric Thickness		3.5 mils	0.09 mm
Breaking Strength	Warp	160 lbf/in	
	Filling	160 lbf/in	

### IMPORTANT

*All information is believed to be accurate but is given without acceptance of liability. All values have been generated from limited data. The values listed for weight, thickness and breaking strengths are typical greige values, unless otherwise noted. Users should make their own assessment of the suitability of any product for the purpose required. All sales are made subject to our standard terms of sales which include limitations on liability and other important terms. The fabric style listed may not be available from inventory and minimum order quantities may apply.*

### FOR FURTHER INFORMATION, PLEASE CONTACT US



1913 North King Street  
Seguin, Texas 78155  
Phone: 830-379-1580  
Fax: 830-379-9544  
Customer Service Toll Free: 1-866-601-5430

For European sales office numbers and a full address list, please go to:  
<http://www.hexcel.com/contact/salesoffices>

© Hexcel and Hexcel logo are registered trademarks of Hexcel Corporation, Stamford, Connecticut.  
™ HexForce is a trademark of Hexcel Corporation, Stamford, Connecticut.

Anexo 5. Fibra de vidrio hexforce<sup>tn120</sup>



**HexForce™ 7781**  
Fiber Glass Fabric

## Product Data

STYLE 7781		US System	SI Units
Type of Yarns	Warp Yarn:	ECDE 75 1/0	EC6 66
	Fill Yarn:	ECDE 75 1/0	EC6 66
Fabric Weight, Dry		8.81 oz/yd <sup>2</sup>	299 g/m <sup>2</sup>
Weave Style	8 Harness Satin		
CONSTRUCTION			
Nominal Construction	Warp Count:	57/in	22.44/cm
	Fill Count:	54/in	21.25/cm
Fabric Thickness		8.6 mil	0.22 mm
Breaking Strength	Warp	570 lbf/in	
	Filling	450 lbf/in	

### IMPORTANT

All information is believed to be accurate but is given without acceptance of liability. All values have been generated from limited data. The values listed for weight, thickness and breaking strengths are typical greige values, unless otherwise noted. Users should make their own assessment of the suitability of any product for the purpose required. All sales are made subject to our standard terms of sales which include limitations on liability and other important terms. The fabric style listed may not be available from inventory and minimum order quantities may apply.

### FOR FURTHER INFORMATION, PLEASE CONTACT US



1913 North King Street  
Seguin, Texas 78155  
Phone: 830-379-1580  
Fax: 830-379-9544  
Customer Service Toll Free: 1-866-601-5430

For European sales office numbers and a full address list, please go to:  
<http://www.hexcel.com/contact/salesoffices>

© Hexcel and Hexcel logo are registered trademarks of Hexcel Corporation, Stamford, Connecticut.  
™ HexForce is a trademark of Hexcel Corporation, Stamford, Connecticut.

Anexo 6. Fibra de vidrio hexforce<sup>tn</sup>7781



## HexForce™ 353

Aramid Fabric

### Product Data

#### STYLE 353 (AMS3902 Style 285)

#### US System

<b>Type of Yarns</b>	<b>Warp Yarn:</b>	Kevlar® 49, 1140 denier	
	<b>Fill Yarn:</b>	Kevlar® 49, 1140 denier	
<b>Fabric Weight, Dry</b>		5.1 oz/yd <sup>2</sup>	173 g/m <sup>2</sup>
<b>Weave Style</b>	4 Harness Satin		

#### CONSTRUCTION

<b>Nominal Construction</b>	<b>Warp Count:</b>	17/in	
	<b>Fill Count:</b>	17/in	
<b>Fabric Thickness</b>		9.0 mil	0.23 mm
<b>Yarn Tensile</b>	<b>Warp</b>	680 lbf/in	
	<b>Filling</b>	670 lbf/in	

#### IMPORTANT

All information is believed to be accurate but is given without acceptance of liability. All values have been generated from limited data. The values listed for weight, thickness and breaking strengths are typical greige values, unless otherwise noted. Users should make their own assessment of the suitability of any product for the purpose required. All sales are made subject to our standard terms of sales which include limitations on liability and other important terms. The fabric style listed may not be available from inventory and minimum order quantities may apply.

#### FOR FURTHER INFORMATION, PLEASE CONTACT US



1913 North King Street  
Seguin, Texas 78155  
Phone: 830-379-1580  
Fax: 830-379-9544  
Customer Service Toll Free: 1-866-601-5430

For European sales office numbers and a full address list, please go to:  
<http://www.hexcel.com/contact/salesoffices>

© Kevlar is a registered trademark of E.I. DuPont de Nemours.

® Hexcel and Hexcel logo are registered trademarks of Hexcel Corporation, Stamford, Connecticut.

™ HexForce is a trademark of Hexcel Corporation, Stamford, Connecticut.

## Anexo 7. Fibra de kevlar hexForce<sup>tn</sup> 353

**SISTEMA EPOXICO**

RESINA COLREPOX 6090 ENDURECEDOR COLREPOX 1956

**QCEPOXI****GENERALIDADES**

Es un sistema epóxico formulado de baja densidad, alta resistencia mecánica, excelente compatibilidad con fibra de vidrio, fibra de carbono, kevlar y otros tipos de cargas, baja contracción y alta estabilidad dimensional.

**CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA INICIAL.**

Tiempo de uso para 500 gr de mezcla a 25°C (minutos)	40-60 sin carga. 80 - 100 con carga
Proporción de la mezcla	100/ 20 (resina /endurecedor)
Tiempo de desmolde	24 Horas
Resistencia a la compresión sin carga	8.740 Psi

**CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES**

	Resina 6090 A	Endurecedor 1956 B
Apariencia	Color blanco pastel	Transparente
Viscosidad a 25°C	1250-1260 mPas	200-500 mPas
Densidad a 20°C	1.1 g/cm3	0,94 g/cm3

Móvil: 318 795 60 98  
MSN: [quadcarbon@compuestos.com](mailto:quadcarbon@compuestos.com)  
e-mail: [quadcarbon@gmail.com](mailto:quadcarbon@gmail.com)

Anexo 8. Resina Epoxi Colrepox 6090 / Endurecedor Colrepox 1956

## Data Sheet

## GS-213

Industry standard vacuum bag sealant tape for metal and composite tools

### DESCRIPTION

GS-213 is recognized worldwide as the work horse for the composites and bonding industries. It has excellent tack and clean-up. It is usable up to 400 °F (204 °C).

### TECHNICAL DATA

Color	Off-white
Base material	Synthetic rubber
Maximum use temperature	400 °F (204 °C)
Shelf life	13 months from date of manufacture
Storage conditions	72 °F (22 °C) Do not refrigerate Tape must be stored flat in original carton.

### SIZES

Dimensions	Packaging	Remarks
1/8 inch x 1/2 inch x 25 feet (3 mm x 12 mm x 7.5 m)	40 rolls per case	-
1/8 inch x 3/4 inch x 25 feet (3 mm x 19 mm x 7.5 m)	28 rolls per case	-

### NOTES

For clean removal, it is recommended to strip the tape from the mold surface once it has cooled down to room temperature.

Last updated : 2012-07-13

Catalog position : Vacuum bag sealant tapes

As the conditions or methods of use, including storage, are beyond our control, Airtech International, Inc. does not assume responsibility for the performance of this material for any particular use. The material is sold "as is". Airtech International, Inc. disclaims, and buyer waives, any and all implied warranties, including without limitation the implied warranties of merchantability and fitness for particular use. The information contained herein represents typical properties and should not be used for specification purposes. Any translation is provided for your convenience only. The official language is English and the official law is California, USA.

## Anexo 9. Cinta sellante bolsa de vacío